A. OBIECTIVELE CURSULUI:

- ***Precizarea*** locului si rolului automatizarilor pneumatice in cadrul automatizarilor in special si al productiei in general;

- ***Cunoasterea*** configuratiei unor masini pneumatice automate;

- ***Cunoasterea*** specificitatii elementelor componete ale masinilor pneumatice automate (motoare pneumatice, distribuitoare, senzori, relee etc.)

- ***Prezentarea*** de limbaje functionale grafice utilizate in proiectarea unor astfel de masini;

- ***Sa faca cunoscute*** rolul, principiile de functionare si modul de utilizare al automatelor programabile ca elemente componente ale masinilor pneumatice si electropneumatice automate;

- ***Prezentarea*** de aplicatii concrete.

CURS 1

Problematica*: se face o scurta introducere in productie si automatizare*

B. INTRODUCERE

- **Obiectivul economic al industriei**: *dobandirea unei competitivitati crescute*

AUTOMATIZARE

- **Masini automate** :
  - *pentru obtinerea de piese elementare*: de prelucrare, injectie, turnare etc;
  - *pentru obtinerea de asambluri complete*: de montaj, control, ambalare etc.

- Pentru realizarea acestor ansambluri mecanice adaptate li se asociaza mai multe tehnologii:
  - electrica, hidraulica si/sau pneumatica ***pentru partea de putere***
  - electrica, electronica sau pneumatica ***pentru partea de comanda***

OBS: tehnologia pneumatica convine atat pe partea de putere cat si cea de comanda
Faptul ca utilizeaza aer comprimat, care este disponibil in toate intreprinderile, si poate fi particularizata pentru obtinerea unei miscari simple pentru masina face ca automatizarea pneumatica si electropneumatica sa ocupe un loc esential.

- Dezvoltarile spectaculoase din domeniul electronicii si informaticii determina o *dezvoltare accentuata si in automatizarile pneumatice:* automatele programabile electronice comanda masinile pneumatice; *proiectarea asistata de calculator* face posibila optimizarea circuitelor pneumatice

PRODUCTIA SI AUTOMATIZAREA

- ***Necesitatea automatizarii*** productiei industriale:
  - reducerea sau eliminarea muncii in medii periculoase sau a muncilor neplacute;
  - economie de mana de lucru;
  - cautarea unei constante a calitatii ;
  - cresterea productiei cu investitii limitate;
  - economie de materie prima si energie, etc.

  } Cresterea competitivitatii produselor

- Notiunea de **competitivitate** include :
  - *Costurile* : materiile prime, materiale, energie, mana de lucru, amortizarile etc.
  - *Calitatea*: avantajele produsului, fiabilitate, constanta calitatii etc.
  - *Disponibilitate*: distributie, stocare, flexibilitate etc.

- **Etape principale** ale optimizarii unui proces de fabricatie (fig.1.1):

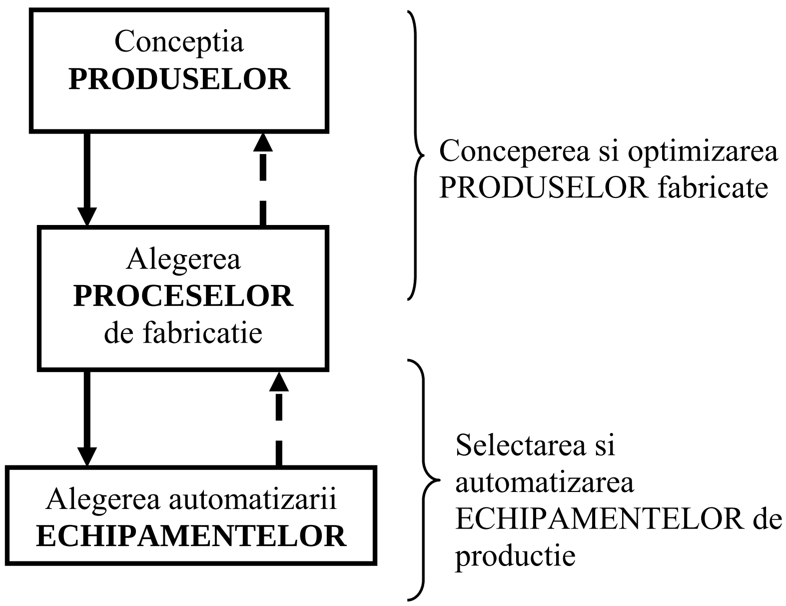


Fig.1.1 Automatizarea echipamentelor de productie este ultima etapa a optimizarii proceslui de fabricatie

Obs.:

- existenta tripticului *produs-proces-echipamente* care trebuie cunoscut de practicienii automatizarii ;
- automatizarea unui echipament obliga adesea la repunerea in discutie a *procesului*, ceea ce conduce, in general, la reconceptia in parte a *produsului*.
- rezulta ca alegerea automatizarii unui echipament de productie nu poate fi disociata complet de conceperea si optimizarea produselor fabricate;
- automatizarea echipamentelor de productie este ultima veriga din optimizarea unui proces industrial.

NIVELUL DE AUTOMATIZARE

In fig.1.2 sunt prezentate principalele niveluri de automatizare si arata diferentele intre industria manufacturiera si cea de proces.

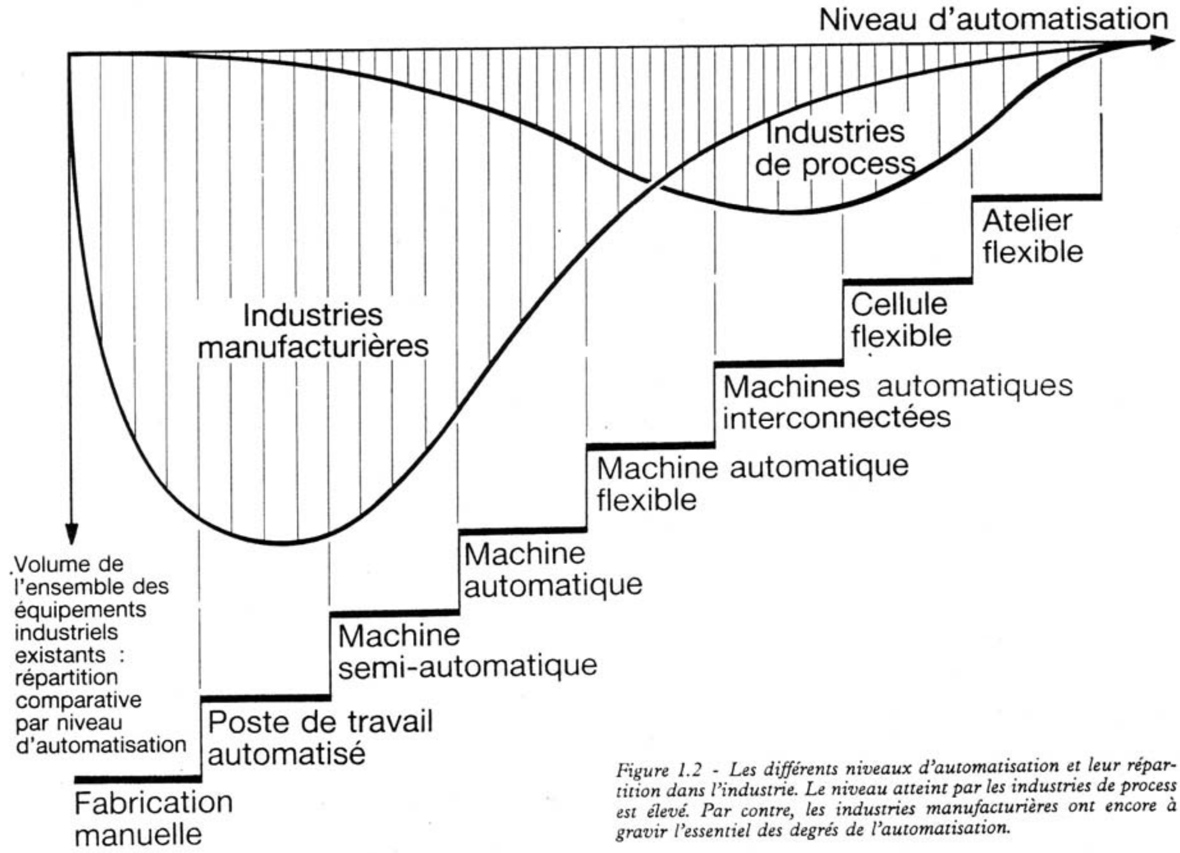


Figure 1.2 - Les différents niveaux d'automatisation et leur répartition dans l'industrie. Le niveau atteint par les industries de process est élevé. Par contre, les industries manufacturières ont encore à gravir l'essentiel des degrés de l'automatisation.

Industiile de proces (chimica, petroliera, alimentara, etc.) au atins un nivel inalt de automatizare deoarece procedeele de fabricatie utilizate, cu caracter continuu, cer si in acelasi timp permit integrarea automatizarii chiar la scara completa (sectii automatizate complet sau chiar fabrici automatizate complet).

Dimpotriva, in industria manufacturiera, in care operatiunile sunt numeroase si discontinue, mult timp au ramas in domeniul artizanal.

Totusi, si in aceste industrii artizanale automatizarile au progresat pe diferite nivele :

- *post de lucru automatizat*, prin care ajuta operatorul in miscarile repetitive sau in cele care cer efort mare;
- *masina semiautomata,* unde operatorul intervine la fiecare ciclu (ex.: incarca cu piese sau descarca piese);
- *masina automata,* care functioneaza fara interventia operatorului;
- *masina automata flexibila,* care se poate adapta fabricarii mai multor produse;
- *masini automate interconectate,* care asigura mai multe prelucrari pe acelasi produs;
- *celule flexibile, ateliere flexibile*, care asigura o alta dimensiune automatizarii, mai completa si mai supla.

OBS.: in mare parte, industria manufacturiera este inca la inceputul automatizarii.

C. SCURT ISTORIC AL UTILIZARII AERULUI COMPRIMAT IN INDUSTRIE

1800 – Aerul comprimat incepe sa inlocuiasca vaporii, pentru diferite operatiuni, in mine, forje s.a.
1857 – Aerul comprimat serveste la strapungerea tunelului Mont-Cenis
1880 – Westinghouse inventeaza franele cu aer comprimat

In decursul timpului, aplicatiile aerului comprimat se dezvolta:
-*in atelierele mecanice*: se gasesc retele de aer comprimat, oarecum similar retelelor electrice;
-*pe santiere, mine, cariere,* unde se utilizeaza scule actionate pneumatic, retele in mine pentru ventilare, transportoare pe banda etc.
-*Pe masini mobile (trenuri, transportoare de sarcini mari, nave, cargouri, remorchere, autocare etc.),* servind la franare, trolii, demaroare la motoarele mari, deschidere de usi s.a.

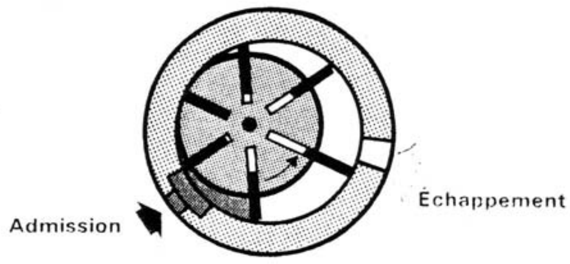


Figure 2.2 - Moteur pneumatique rotatif à palettes : principe.

C1. Unelte industriale portabile cu aer comprimat

Sunt utilizate in numeroase scopuri in industrie, si nu numai, pentru operatii manuale. Majoritatea au la baza un motor pneumatic rotativ cu palete.
a.*Unelte cu motoare pneumatice rotative*:
-prezinta avantajul unei mase si volum reduse (fig.2.2-pricipiul de functionare);
-constituie baza gamei de unelte pneumatice rotative.
In fig.2.3, 2.4 si 2.5. sunt prezentate diferite forme.
Comparativ cu uneltele portative electrice, cele pneumatice au urmatoarele avantaje:
-sunt mai usoare pentru aceeasi putere, au o constructie interioara mai putin inghesuita, sunt mai usor de manipulat;
-nu se deterioreaza in caz de blocare datorita cresterii incarcarii;
-prezinta o securitate mare chiar si in mediile umede.

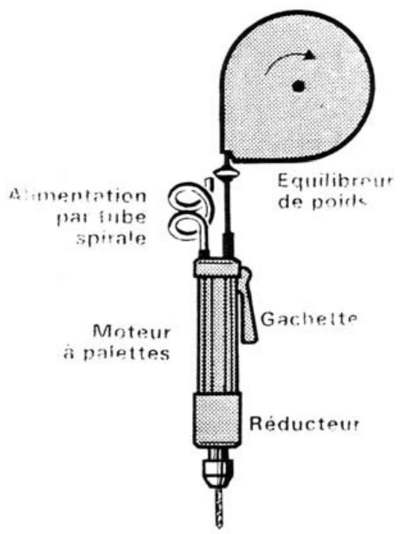


Figure 2.3 - Outil pneumatique rotatif, suspendu au-dessus du poste de travail : visseuse, perceuse, clé à choc, meuleuse, taraudeuse,...

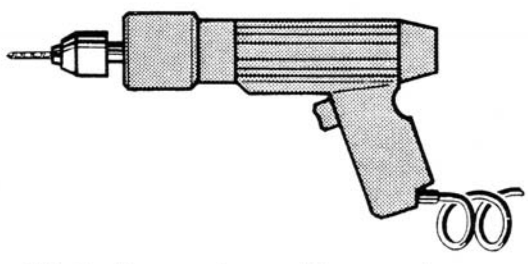


Figure 2.4 - Outil pneumatique rotatif à crosse : visseuse, perceuse, clé à choc...

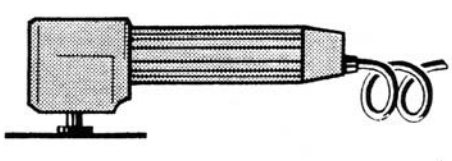


Figure 2.5 - Outil pneumatique rotatif avec renvoi d'angle : surfaceuses, polisseuses à disque...

b. *Unelte cu cilindru pneumatic integrat*
Acestea sunt: ciocan de cuie, capsator, nituitor etc. .
Au integrat un clilindru pneumatic pentru a le actiona si o alimentare automata cu cuie, agrafe, nituri etc. Ceea ce la permite o cadenta mare.

Din punct de vedere al utilizarii acestor unelte portabile, aerul comprimat intervine in industrie in doua situatii:
- pentru operatii manuale de serie: posturi de prelucrare, de finisare, de montaj, de ambalare etc.
- pentru constructia si repararea utilajelor, ajutand lucratorul la motare, demontare, rectificare, ajustare etc.

C2. Procedee industriale ce utilizeaza aerul comprimat

a. *Vopsit, sablat, faramitat*
Se foloseste efectul "*Venturi*" pentru a pune in suspensie un jet de aer cu particule solide sau lichide si a le proiecta pe o suprafata (fig.1-4)

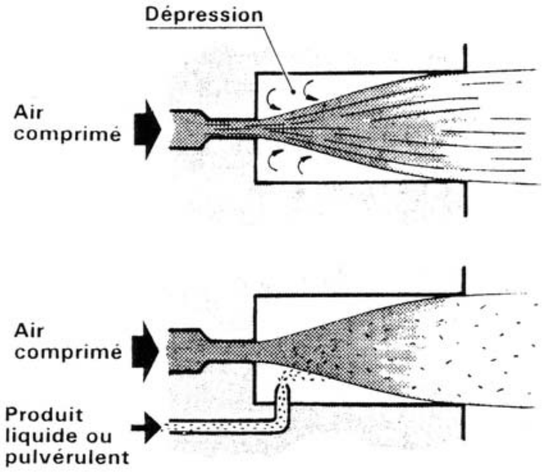


Figure 2.6 - Principe de l'effet venturi et utilisation pour mise en suspension et projection de produits liquides ou pulvérulents.

b. *Curatat, uscat*

c. *Ridicare asistat de aer pneumatic*
Sunt situatii cand aerul comprimat este utilizat ca un ajutor in ridicarea diferitelor greutati. Ex:
-palane cu echilibrare pneumatica a incarcaturii;
-deplasarea pe perna de aer
-transportul pneumatic in tuburi.

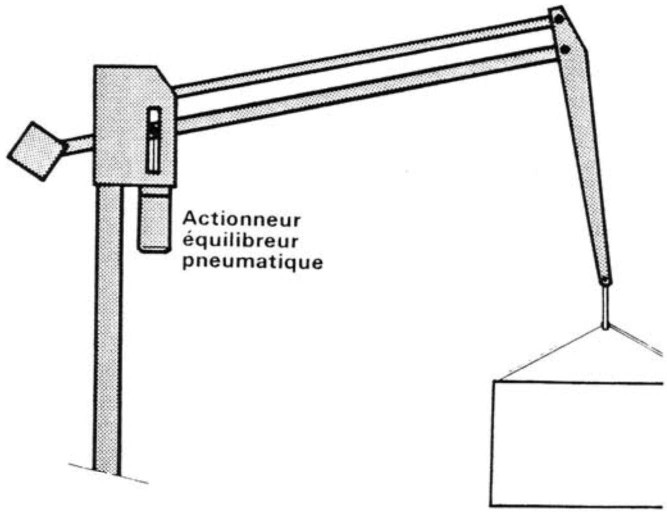


Figure 2.7 - Palan à équilibrage pneumatique.

d. *Strangere pneumatica*
Mandrine pneumatice, suruburi pneumatice etc.

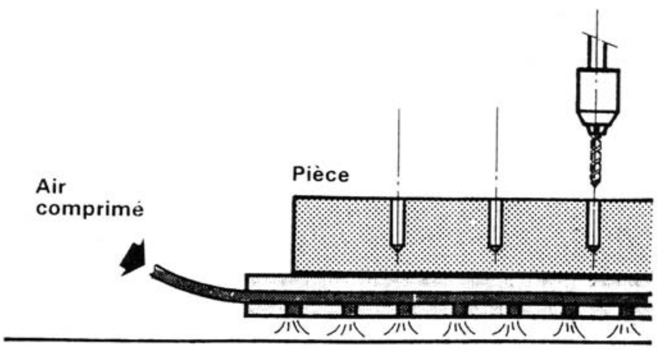


Figure 2.8 - Utilisation d'une table sur coussin d'air.

AUTOMATIZAREA PNEUMATICA

Din cele expuse reiese ca deja aerul comprimat era prezent in numeroase ramuri industriale inainte de a se manifesta actiunea de automatizare. Asadar, era creat acel mediu propice pentru a se dezvolta.

Nevoia de automatizare este in crestere si se manifesta permanent.
Automatizarea pneumatica face parte, astazi, din obisnuitul in industrie.
Pentru a functiona, o masina automatizata trebuie racordata atat la reteaua de aer comprimat cat si la reteaua electrica.

Masinile pneumatice printre masinile automate

S-a discutat deja despre “industria de proces” si “industria manufacturiera”
1. *Procesul de fabricatie continuu*
Acestei industrii ii sunt caracteristice tratarea produselor lichide sau in vrac si obtinerea de semiproduse.
Procesul este lansat continuu si, in general, nu apare notiunea de ciclu.
Ex:

- unitati de productie in industria chimica, industria petriliera, industria alimentara
- extrudarea tuburilor si profilelor din material plastic, fabricarea firelor electrice, firelor textile etc.
- automatizarea continua a cuptoarelor, etuvelor, tratamente diverse etc.

Daca nu este nici un incident, procesul nu se opreste in cursul fabricatiei.
Este domeniul caracteristic actuatorilor de pozitionare (cu posibilitatea de lua orice pozitie) si comanda progresiva (analogica).
Ex.: o vana se deschide mai mult sau mai putin, urmand valoarea unui semnal de comanda analogic.

2. *Procesele de fabricatie discontinuie*
Sunt caracteristice fabricarii in serie a pieselor sau obiectelor. Masina produce la fiecare ciclu acelasi obiect sau acelasi ansamblu de obiecte.

Industria manufacturiera este caracterizata de acest tip de proces, masinile automate producand piese elementare (uzinaj, injectie, turnare etc.) sau participa la elaborarea de asamble (montaj, control, ambalare etc.).

Masina repeta acelasi ciclu. Semnalele sunt, in general, de tipul “totul sau nimic” (logic) si comanda actuatorii care au, majoritatea, doar doua pozitii de functionare.

Masinile pneumatice si electropneumatice sunt mai numeroase in aceste activitati.

Diferitele etape ale automatizarii

Automatizarea s-a facut etapa cu etapa, avand o evolutie lunga pe scara cu nivelul de automatizare (fig.1.2).
Automatizarea a ajutat mai intai operatorul apoi l-a inlocuit partial si mai apoi, poate, total. Aceasta s-a facut in functie de nevoile productiei si de rentabilitatea in ansamblu.
Asa cum rezulta si din fig.1.2, automatizarea poate lua forme multiple: simplu post de lucru automatizat, masini semiautomate, masini automate etc.

Pentru a obtine produse cat mai competitive, automatizarea a inlocuit progresiv operatorul dar ea trebuie sa ofere maximum de flexibilitate pentru a face fata fabricatiei. Astfel s-au definit mai multe variante: masini flexibile, celule flexibile, si ateliere flexibile.

Relativ simplu de a fi pusa in practica si oferind mari posibilitati de flexibilitate, tehnicile pneumatice si electropneumatice de automatizare sont esentiale, in fiecare din aceasta etapa a automatizarii.

CONFIGURAREA MASINILOR AUTOMATE

Masinile automate au doua parti (*fig.3.1*):

- partea operativa (de putere) ;
- partea de comanda.

a. *Partea operativă*
Este constituită din actionari, elemente functionale (elemente mecanice, unelte etc.) care actioneaza in procesul automatizat.
b. *Partea de comanda*
Coordoneaza actiunile partii operative, trimitand comenzile pentru ciclul dorit si preia informatiile privitoare la proces.
Obs.: aceasta distinctie trebuie facuta in toate etapele de automatizare (conceptie, realizare, depanare s.a.)

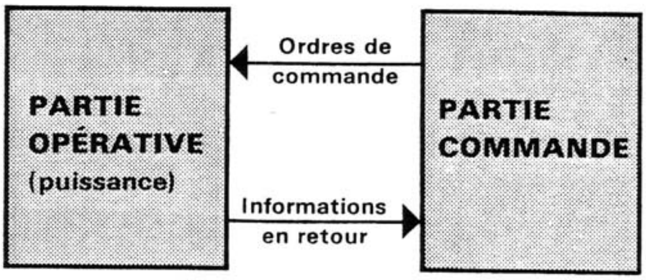


Fig. 3.1 partile operativa si de comanda ale unei masini automate

Alegerea tehnologiei pentru cele doua parti
Alegerea tehnologiei pentru cele doua parti trebuie optimizata pe fiecare masina, tinand seama de nevoile specifice lor.
In fig.3.2 sunt prezentate principalele tehnologii posibile pentru fiecare din cele doua parti.

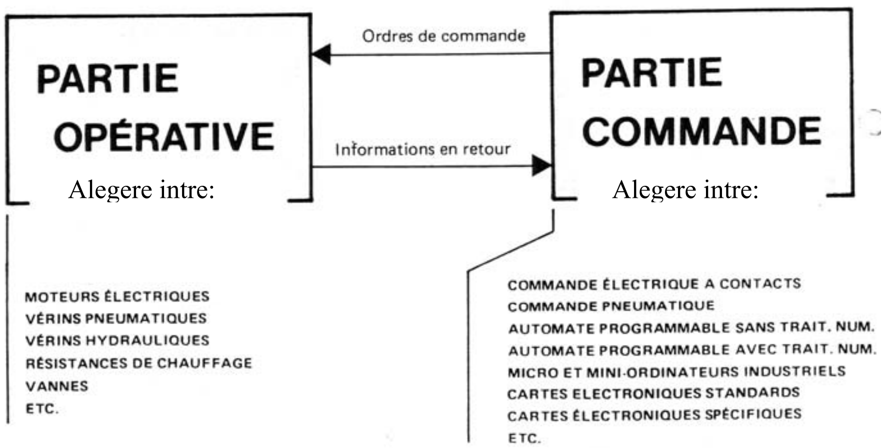


Fig. 3.2 posibilitatile tehnologice pentru cele doua parti

Obs.:
- de cele mai multe ori, o alegere rationala a actionarii impune alegerea actionarii pneumatice, in special cilindrii, pentru majoritatea masinilor automate de productie curenta;
- la masinile automate pneumatice, partea de comanda poate fi pneumatica, electrica, electronica ceea ce conduce la o masina "totul pneumatic' sau la una "electropneumatica"

CONFIGURATIA MASINILOR CU ACTIONARE PNEUMATICA

***A**. Organizarea masinilor automate*

Daca se pleaca de la distinctia "parte operativa-parte de comanda" organizarea unei masini automate arata ca in fig. 3.3.

Actionarilor partii operative le trebuiesc asociate pre-actionarile:
- contactoare pentru actionarea electrica (motoare s.a);
- distribuitoare hidraulice pentru actionarile hidraulice;
- distribuitoare pneumatice pentru actionare pneumatica.

Traductorii dau informatii asupra evolutiei partii operative, cel mai adesea detectand capatul de cursa.

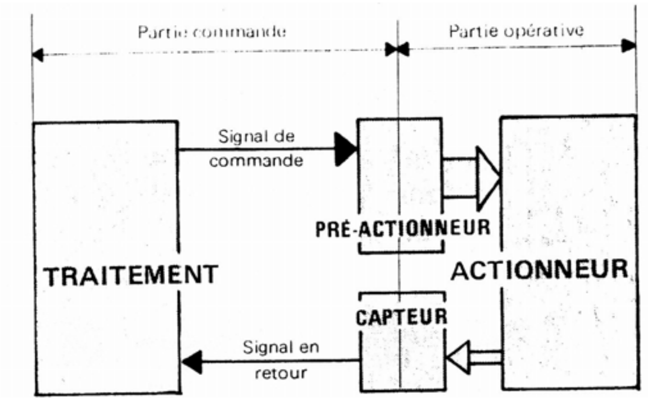


Fig.3.3 Orgamizarea unei masini automate

In fig. 3.3 se descrie bucla tip formata: blocul de tratare a semnalelor trimite un semnal de comanda unui pre-actionari care, la randu-i, actioneaza asupra actuatorului asociat. Miscarea actuatorului este constatata de un traductor care trimite semnalul inapoi, blocului de tratare a semnalelor.

***B.** Configuratia masinilor cu actionare pneumatica*

In acest caz sunt posibile doua configuratii:

B1. Configuratia "totul pneumatic"(fig.3.4)

Tratarea in acest caz este pneumatica. Bucla este omogena deoarece comporta numai semnale pneumatice.

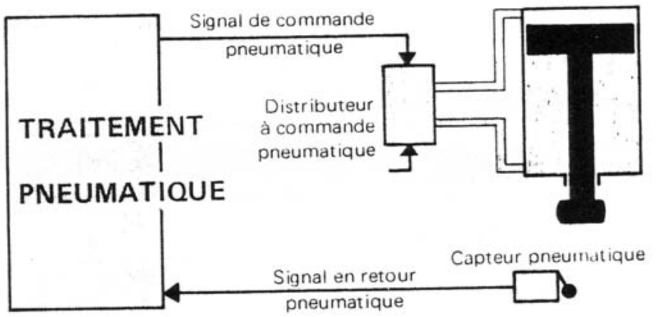


Fig.3.4 masina "totul pneumatic"

B2. Configuratia electropneumatica (fig.3.5)

In acest caz tratarea este electrica sau electronica. Semnalele electrice sunt trimise catre distribuitoarele pneumatice echipate cu electrovalve.

Semnalele emise de traductori electrici sau electronici sunt receptate de blocul de tratare a semnalelor.

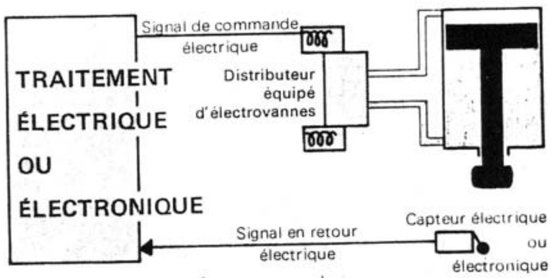


Fig.3.5 Masina electropneumatica

Obs. : Modul de alegere intre « totul pneumatic » si electropneumatic se va face intr-un curs ulterior

***C**. Tipuri de actionari pentru masini automate (partea operativa)*

Trei tehnologii de actionare sunt de baza, acestea putand lua forme variate: pneumatica, hidraulica si electrica

Actionarea pneumatica

Tipic pentru aceasta este cilindrul. In fig.3.6 se arata posibilitatile tehnice curente oferite de cilindri: la presiunea uzuala de 4-8 bari dezvolta o forta intre 20 si 50000 N, cursa fiind de la 1mm la 3000 mm.

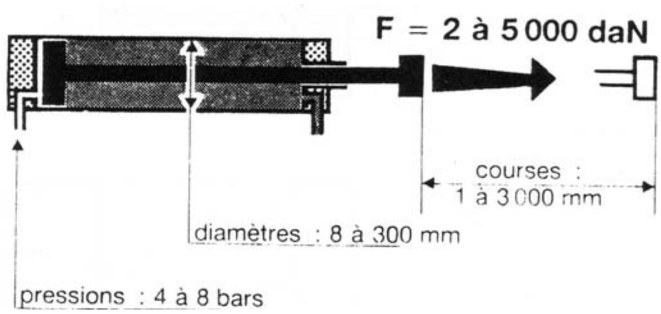


Fig.3.6 Posibilitatile tehnice oferite de cilindri

In fig. 3.7 sunt prezentate unele din numeroasele posibilitati oferite de actionarile pneumatice

Cilindri pot reproduce simplu actiunile manuale ale muncitorului care va fi inlocuit prin automatizare: apasare, tragere, ridicare, pozitionare, ajustare, strangere, poansonare, sertizare, marcare, pliere, nituire, decupare etc.

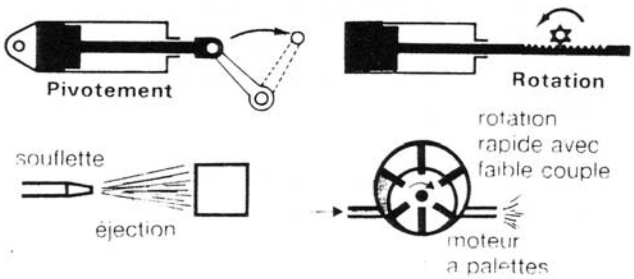


Fig.3.7 Miscari obtinute cu actionari pneumatice

Obs.: Acest fapt face ca cilindrii pneumatici sa fie raspanditi in automatizarea discontinua caracteristica industriei manufacturiere

Actionarea hidraulica

Fiind mai scumpa si mai dificil de realizat este utilizata cand se cer performante pe care actionarea pneumatica nu le poate realiza.

In fig.3.8 si fig.3.9 sunt date o parte din posibilitatile tehnice pe care le pot asigura actionarile hidraulice: presiunea uzuala de 80 -300 bari, forte de 500 – 2000000 N.

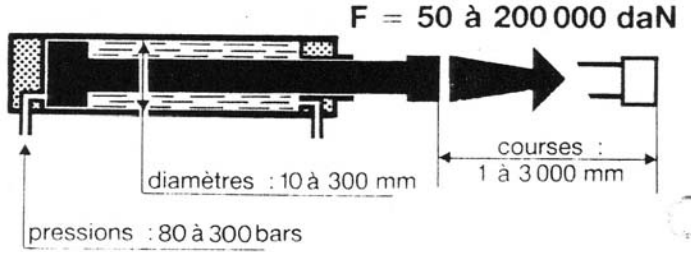


Fig.3.8 posibilitati tehnice curente ale cilindrilor hidraulici

Aplicatii tipice:

- cilindri hidraulici pentru prese de medie si mare putere;
- motoare rotative hidraulice pentru rotirea troliilor

Obs.:
- datorita incompresibilitatii uleiului, miscarile sunt controlate cu precizie, cum ar de ex: avansul uniform al uneltei aschietoare, pozitionarea unui efector al robotului s.a.
- utilizarea actionarii hidraulice necesita grupul generator care ocupa loc si ridica costurile ceea ce ii face sa fie utilizati numai atunci cand cerintele de functionareale masinii le impun.

Actionarea electrica

Motorul electric este utilizat atat pentru automatizare, pe partea de forta, cat si pentru antrenarea altor elemente (pompe, ventilatoare, compresoare etc.)

In fig.3.10 sunt aratate diferitele posibilitati de utilizarea motorului electric asincron trifazat cu viteza sensibil constanta:
- pentru miscarea de rotatie continua (pompe, brose);
- in automatizare, folosind adeseaun motor cu frana, in scopul de a rapid miscarea pe capat de cursa;
- pentru a obtine diferite viteze, aceste motoare cu viteza sensibil constanta, se combina cu reductoare de viteza pentru obtinerea anumitor rapoarte de transmitere.

Astfel combinate, pot fi utilizate in urmatoarele automatizari industriale:
- rotatie continua (pompe, brose, benzi transportoare);
- rotatie discontinua (gaurire, tarodare s.a);
- translatia pe distante superioare celor obtinute cu cilindri.

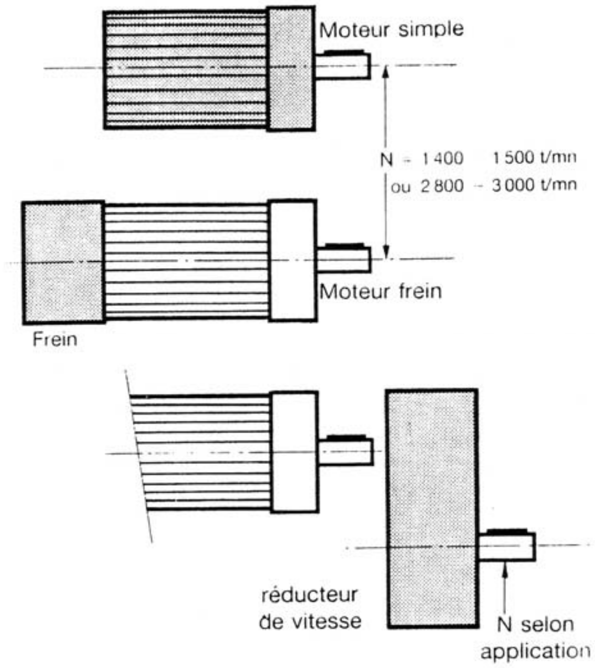


Fig.3.10 Motorul electric si combinatiile sale cu frana si/sau reductor de viteza

Inafara acestor motoare, in cadrul automatizarilor industriale se utilizeaza o mare varietate de actionari electrice speciale:
- *electromagneti*, care pot asigura simplu miscari de mica amplitudine (indexare, comutatie electrovalve, vibrarea unor silozuri cu piese s.a.);
- *rezistente la incalzire*, pentru cuptoare, etuve, masini de ambalat cu plastic

Obs.:
- ca si in cazul actionarilor pneumatice, actionarea electrica se bucura de accesul facil la reteaua de alimentare cu energie electrica
- s-au abordat actionarile cele mai intalnitecarora le este caracteristica existenta preactionarii "totul sau nimic".
- o abordare completa presupune si includerea actionarilor de tehnologie avansata si preactionari, cum ar fi: motoarele electrice pas cu pas, regulatoarele de viteza pentru motoarele elctrice de curent continuu sau alternativ, servovalvele hidraulice, cilindrii de pozitionare pneumatica, ditribuitoarele progresive pneumatice etc.

- discutiile de mai sus se refera la domeniul automatizarilor frecvent intalnite.

ALEGEREA ACTIONARII PENTRU MASINI AUTOMATE

Inainte de alegerea tipului de actionare este important sa se ia in considerare posibilitatile oferite de masinile cu came. Alegerea tipului de actionare se face luand in considerare , pe de o parte, a miscarilor liniare, si pe de cealalta parte, a miscarii de rotatie.

Masini cu came – masini cu actionare

Anumite masini nu utilizeaza actionari separate ci, dimpotriva, obtin miscarile lor plecand de la un arbore cu camece se roteste continuu – acestea sunt *masinile cu came*.
Ex.: strungurile de debitat, masinile de cusut industriale, razboaie textile, masini de tricotat s.a.

In fig. 3.11 se arata cum aceleasi miscari pot fi obtinute plecand de la un arbore cu came sau plecand de la un cilindru.

***a**. arbore cu came :*
- diagrama deplasare-timp pentru fiecare miscare este optimizata prin forma camei ;
- in particular, camele de forma sinusoidala permit controlarea miscarilor cu acceleratie si deceleratie constanta ;
- in practica, masinile cu came necesita readucere mecanica complexa pentru a realiza miscarile cerute masinii;
- rigiditatea lor limiteaza posibilitatile de modificare sau adaptare in conditii de cost abordabile;
- acesta este motivul pentru care tehnica cu came este rezervata masinilor de serie, identice si care nu sunt susceptibile de a fi supuse modificarilor.

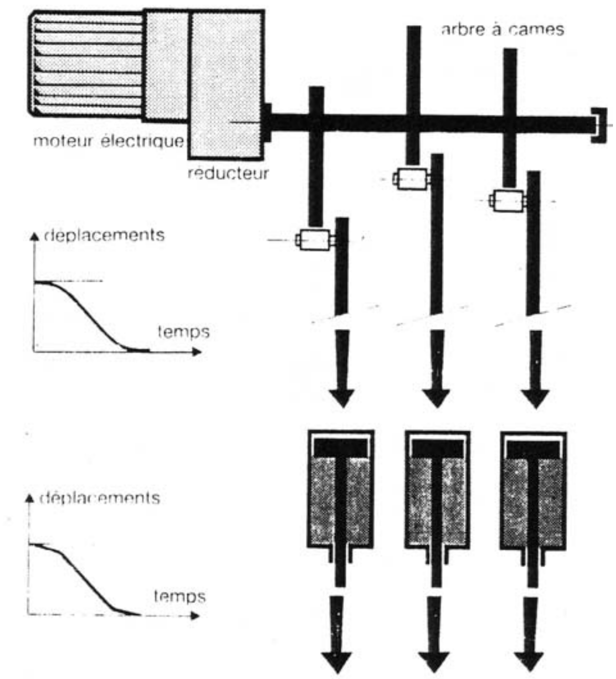


Fig.3.11 Comparatia masina cu came-masina cu actionari

***b**. actionari:*
- acceleratia si mai ales deceleratia maselor sunt dificil de a fi adaptate nevoilor masinii;
- aceasta determina ca masinile cu came sa fie mai rapide decat cele cu actionari;
- masinile de productie automatizate sunt, in majoritatea lor, realizate intr-un exemplar sau in numar mic.
- pentru a fi adaptate productiilor, ele trebuiesc modificate, motiv din care le este ceruta o flexibilitate.
- desi mai lente decat cele cu came, flexibilitatea lor le permite sa se adapteze la cerintele procesului de productie, modificarile intervenind la nivelul “partii operative” (actionarea poate fi repozitionata, cursele modificate, etc.) si la nivelul “partii de comanda” (ciclul poate fi modoficat funtie de necesitati).

Obs.:
- toate masinile cu actionari prezinta structura "parte operativa – parte de comanda" spre deosebire de masinile cu came cand cele doua parti nu pot fi disociatedeoarece miscare si programul (ciclul) sunt realizate de aceleasi elemente mecanice. (vezi fig.3.12).

- din cauza necesitatii de flexibilitate, masinile de productie automatizate sunt in majoritatea cazurilor realizate cu actionari si nu cu came

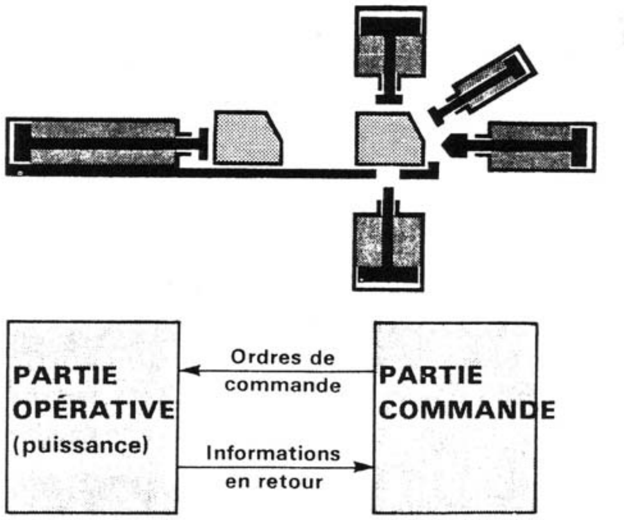


Fig.3.12 configuratia tipica a unei masini cu actionari

MASINI OMOGENE SI EVOLUTIVE

In practica curenta, alegerea tipului de actionare tine cont si de optiunea tehnologica adoptata la nivelul masinii in ansamblu.

In acest fel, se incearca obtinerea de masini omogene din punct de vedere al tipului de actionare, dar si evoluata, in acelasi timp.

Omogenitatea masinilor

- masinile care au adoptat mai multe tehnologii de actionare (hidraulica, pneumatica, electrica, electronica etc.) devin dificile in cazul necesitatii de a interveni pt reglare, depanare, modificare etc.
- acest fapt determina pe tehnicienii de conceptie sa incerce a realiza masini pe cat posibil omogene: reducerea la min. a numarului de tipuri de tehnologii atat pe partea de actionare cat si pe cea de comanda.

Obs.:

- se stie ca actionarea pneumatica se intalneste mai ales in domeniul automatizarilor discontinue; in acelasi timp, sunt numeroase cazurile cand , cu toate acestea, sunt necesare si cateva motoare electrice pt a asigura rotatia continua (pompe, brose etc.); acest fapt nu complica masina deoarece aceste motoare nefiind implicate in ciclul de lucru si nici in reglaj, nu complica interventiile;
- lucrurile se complica mai mult atunci cand se introduc si actionari hidraulice; de aceea, pt a evita acest lucru, se incearca toate posibilitatile de a utiliza chiar si actionari pneumatice speciale (ex:cilindri pneumatici multiplicatori de eforturi).
- daca, din motive bine intemeiate (forte mari, precizie ridicata a miscarii) este neaparat necesara utilizarea actionarii hidraulice, aceasta se adopta dar se incearca sa se profite de avantajul acestei actionari (compactitate, precizie s.a) extinzand-o la nivelul intregii masini fara a face o noua investitie;

- trebuie precizat ca sin in cazul adoptarii actionarii hidraulice pot aparea motoare electrice necesare miscarii de rotatie continue (ex; motorul pompei hidraulice)
- la anumite masini se adopta numai actionarea electrica (ex: pt transmiterea miscarii la mare distanta, cuptoare sau etuve automatizate s.a.).
- dupa incercarea de omogenixare a partii operative, acelasi lucru se incearca cu partea de comanda, pt a obtine o omogenitate completaa masinii;
- Ex: comanda electrica sau electronica pt masinile la care domina actionarea electrica, rezultand o masina “totul electric”; comanda pneumatica pt masinile la care domina actionarea pneumatica, rezultand masini “totul pneumatic”.

Supletea si flexibilitatea masinilor

Masinile de productie trebuie sa ramana, in masura posibilitatilor, suple si flexibile:

- *suple* pt a putea fi modificate cu usurinta cand se doreste perfectionarea lor;
- *flexibile* pt a se adapta mai multor procese de fabricatie.

Obs.:

- Din acest punct de vedere, partea operativa pune problemele cele mai grele.
- Masinile cu actionari pneumatice, electrice, hidraulice sunt mai flexibile decat cele cu came;
- Dintre diferitele tipuri de actionari, actionarile cu **cilindri pneumatici** raspund cel mai bine la exigentele de evo;utie ale masinilor de productie (simplitatea instalarii si lucrului cu ele usureaza punerea la punct si modificarea masinii).

CILINDRII SI ALTI ACTUATORI PNEUMATICI

<u>Obiective</u>:

- *descrierea succinta a diferitor tipuri de cilindri pneumatici, posibilitatile lor si dispunerea lor pe masini.*
- *prezentarea va cuprinde si distribuitorul, ca element de preactionare;*
- *se vor studia cele doua configuratii de baz: cilindru cu dublu efect si cu simplu efect.*

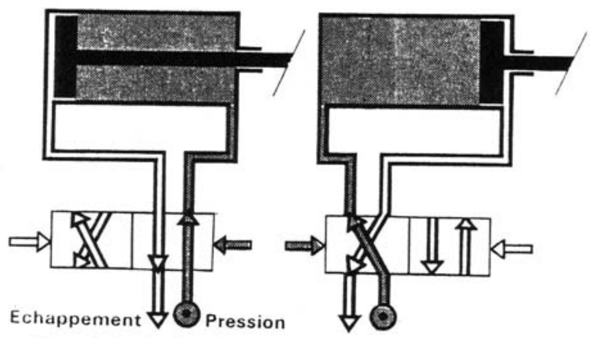


Figure 4.1 - les 2 positions d'un vérin à double effet.

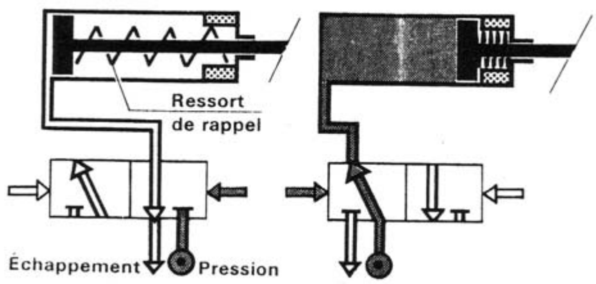


Figure 4.2 - Les 2 positions d'un vérin à simple effet.

Constructia unui cilindru pneumatic
In fig.4.3 este prezentat un cilindru pneumatic standard.

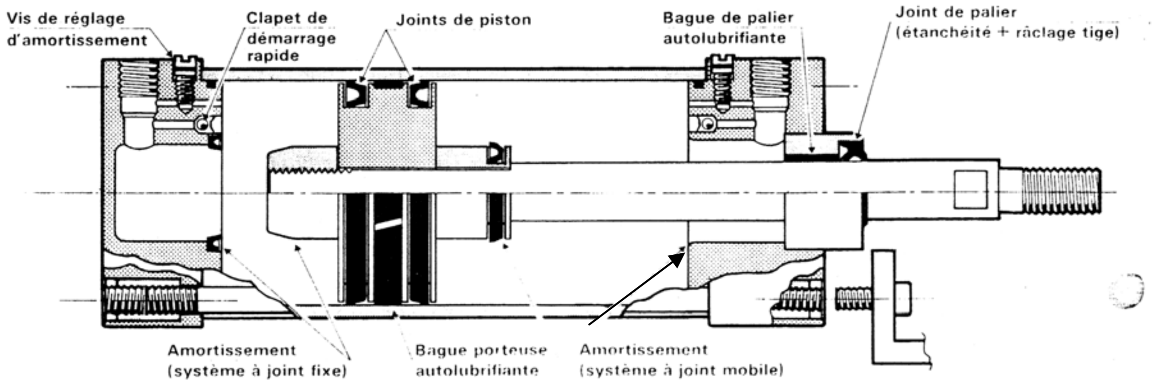


Fig. 4.3 - Principes de construction d'un vérin standard, montrant deux variantes d'amortissement pneumatique

***a**. Constructie*
Pistonul si tija se deplaseaza intr-un ansamblu fix construit din 3 parti demontabile :
- carcasa cilindrului, care defineste cursa cilindrului
- capacul din spate
- capacul din fata (pe unde iese si tija)

Toate cele 3 parti sunt asamblate printr-un tirant (daca capacul este un tub) sau prin surub, daca are o alta forma.

***b**. Materiale*
- capacul poate fi fie un tub din otel, alama, aliaj de aluminiu sau o rasina rigidizata , fie un profil de forma etirata din aluminiu.
- in toate cazurile, alezajul interior poate ramane neprelucrat dupa etirare, garniturile in U asigurand etansarea.
Obs.: aceasta este o economie importanta fata de cele hidraulice, unde alezajele interioare trebuiesc rodate

c. Etanseitate
- garniturile pistonului sunt in forma de U
- garniturile de palier asigura o dubla functie: etansarea in zona iesirii tijei si curatirea tijei la reintrare.

***d**. Ghidarea*
Ghidarea ansamblului piston-tija este asigurata de inelele autolubrifiante: un inel pt iesirea tijei si unul pt piston.

***e**. Amortizarea*
- La acest tip de cilindru amortizarea este pneumatica si se face inaintea sfarsitului de cursa;
- in fig. se vad doua tipuri de amortizare: cu garnitura fixa si cu garnitura mobila.
- in anumite cazuri, cele doua amortizari pot fi suprimate; ex: cand miscarea necesita sa fie brusca (cilindru de ciocan, de marcare, de deformare)
- cand energia cinetica de amortizare este neglijabila (miscari lente, curse mici);
- cand amortizarea se realizeaza din exteriorul cilindrului.

***f**. Dimensiuni – montare*
- Diametre : 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250 si 320 mm;
- cursa: de la 1 mm la 3m;
- fixare modulara: bride si echere fixe, cu oscilare inainte si inapoi etc.

***g.** Intretinere*
- din fig. rezulta ca piesele uzate se pot inlocui cu usurinta;
- durata de viata a pieselor depinde de: cursa, incarcare, calitatea ungerii (lubrifiantul din aerul de lucru)

Cilindri pneumatici "simplificati" pentru curse mici

Anumite operatiuni necesita deplasari (curse) mici (indexare, marcare, prindere s.a) asa incat in acest caz cilindrul nu are nevoie de amortizare. Aceasta da posibilitatea unei simplificari a constructiei cilindrului, cu rezultate asupra preturilor de cost si de intretinere.

In fig.4.4 si 4.5 sunt prezentate doua tipuri de asemenea cilindri:

- standard simplificati: fara amortizare, cu un ghidaj scurtat, ofera aceleasi posibilitati (diametru, cursa, fixare modulara) ca cilindrii standard, dar mai scurt decat acestia.
- simplificati specifici: compusi din doua parti, pot fi cu simplu sau dublu efect; pot fi utilizati pentru curse standard.

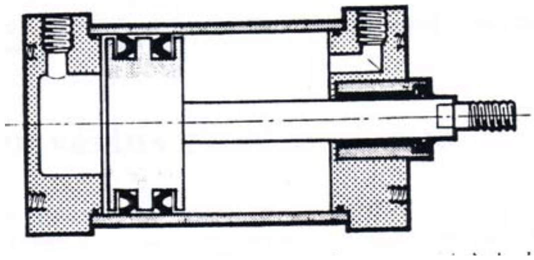


Fig.4.4.- Cilindru standard simplificat, fara amortizare, cu dublu efect

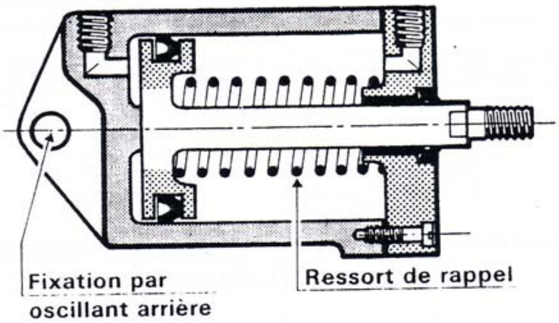


Fig.4.5. – Cilindru simplificat specific, cu simplu efect, cu fixare oscilanta

Microcilindri nedemontabili

Masinile utilizate pentru a realiza operatiuni cu piese mici (ex: asamblarea si controlul pieselor mici) pot fi deservite de microcilindri; diametrele acestora sunt de la 8mm la 40mm.

Sunt mai ieftini, nedemontabili iar in caz de uzura se inlocuiesc cu totul.

In fig.4.6 si 4.7 sunt prezentate doua constructii tipice de asemenea microcilindri: tub sertizat la baza, cu simplu si cu dublu efect, cu posibilitati multiple de fixare.

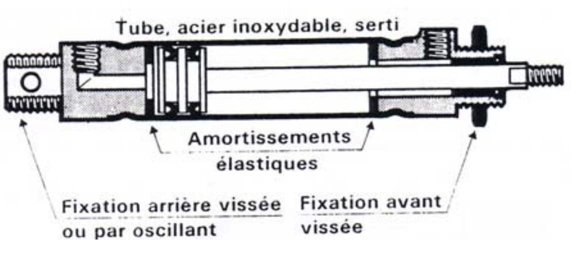


Fig.4.6. – Microcilindru nedemontabil cu dublu efect

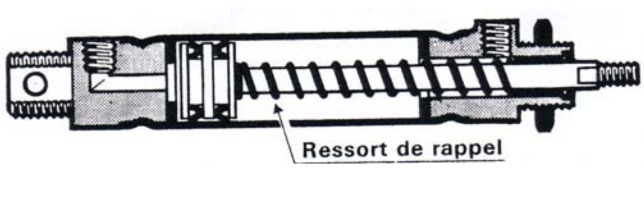


Fig.4.7. – Microcilindru nedemontabil cu simplu efect

Domeniu de utilizare

In plan practic, dupa cum sunt necesare masinii cursele si fortele, cele trei tipuri de cilindri se completeaza (fig.4.8).

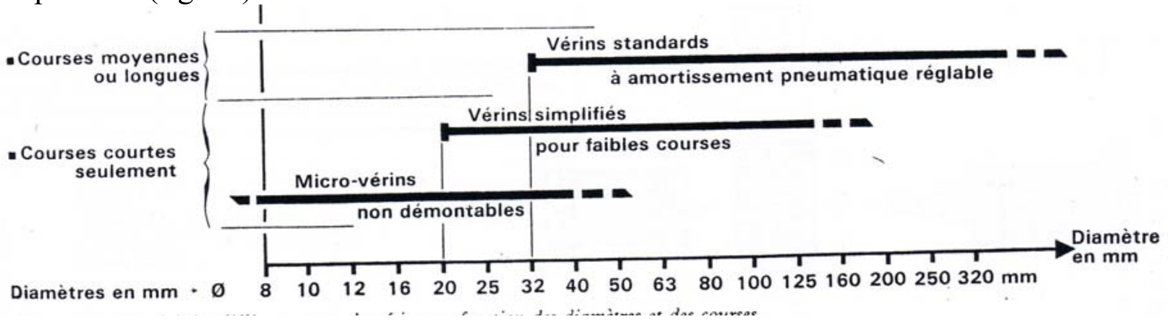


Fig.4.8. – Utilizarea diferitor tipuri de cilindri, functie de diametre si de curse

PRINDEREA CILINDRILOR PE MASINI

Pentru a se adapta diverselor nevoi de prindere pe masini, cilindrii pneumatici ofera o mare varietate de moduri de fixare.

Pentru a facilita intretinerea masinilor, modul de fixare a cilindrilor este prevazut prin norme dimensionale.

Norme dimensionale pentru cilindrii pneumatici

Obiectivul normelor : facilitarea intretinerii si posibilitatea schimburilor internationale de masini

- sunt normalizate numai dimensiunile care conditioneaza interschimbabilitatea, restul dimensiunilor fiind lasate la latitudinea constructorului, aceasta permitandu-i sa optimizeze produsul.

- deoarece motoarele electrice si cilindrii raspund acelorasi nevoi de interschimbabilitate pe masini, normele dimensionale ale cilindrilor sunt abordate in aceeasi maniera ca la cilindri ca si la motoare (fig.4.9):

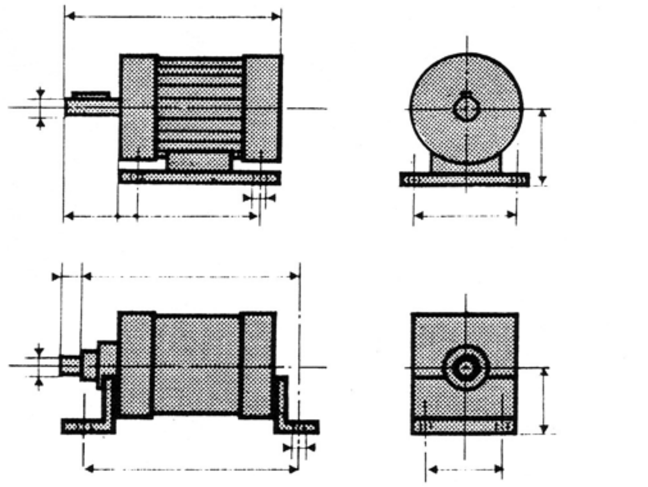


Figure 4.9 - Moteurs électriques et vérins répondent au même besoin d'interchangeabilité sur les machines, d'où le même esprit de normes dimensionnelles.

Norme pentru dimensiuni nominale

- *Diametrele cilindrilor*

Diametrul cilindrilor determina forta dezvoltata de acestia.

Pentru dimensiunile acestor diametre s-a ales o serie geometrica de ratie 1,25 care conduce la la un raport de 1,6 intre sectiunea cilindrului si forta.

Diametre normalizate (mm): 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320.

- *Cursele cilindrilor*

Desi nu este strict necesar, se recomanda utilizarea curselor standardizate, insa fara a exclude posibilitatea utilizarii de curse speciale. Aceste lucruri sunt posibile deoarece constructia cilindrilor permite obtinerea facila a curselor dorite (necesare).

- *Orificii de racordare*

Acestea sunt normalizate si depind de diametrul cilindrului.

Ø cilindru	8 - 20	25 - 32	40 - 50	63 - 80	100 - 125	160 - 200
Orificiu filetat *	M5	1/8″	1/4″	3/8″	1/2″	3/4″

*Filet gaz BSP (British Standard Pipe)

Norme dimensionale pentru fixare si pentru diametrul extremitatii tijei

In fig.4.10 sunt aratate dimensiunile care sunt normalizate.

Pentru fiecare din diametrele nominale normalizate, este precizata cota si toleranta. Cursta ***t*** poate fi normalizata sau speciala.

Toate legaturile mecanice cu masina se gasesc definite astfel:
- fixarea cilindrului;
- fixarea tijei

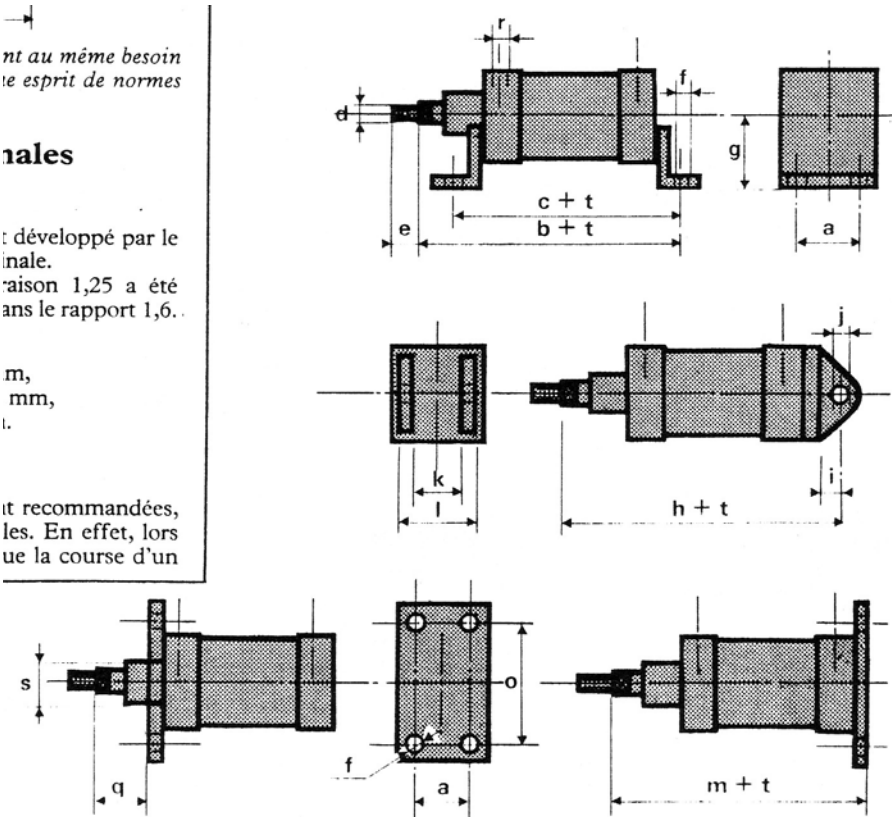


Fig. 4.10 – Dimensiuni normalizate cu scopul de a asigura interschimbabilitatea cilindrilor pe masini.

FIXAREA MODULARA A CILINDRILOR PNEUMATICI

Modularitatea cauta sa rezolve in mod economic varietatea de fixari necesare pe masini a cilindrilor pneumatici.

Fiecare cilindru standard este echipat, la cerere, cu un tip de fixare care corespunde cel mai bine situatiei.

Anumite fixari corespund normelor dimensionale iar altele vin sa completeze versiunile normalizate.

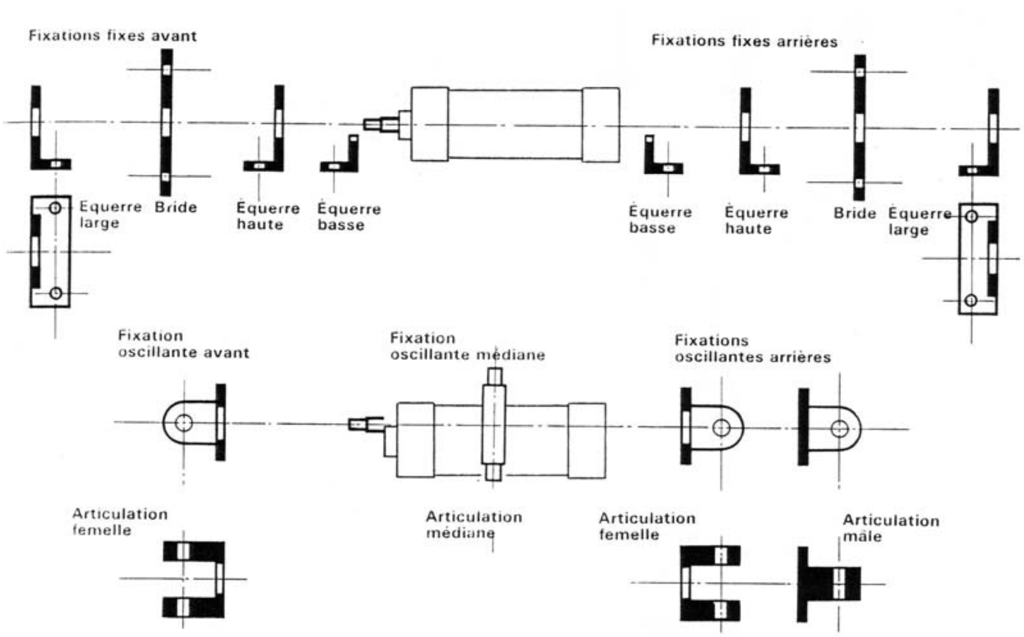
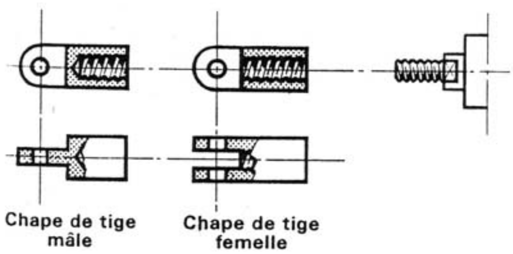


Figure 4.11 - Fixations modulaires pour vérins pneumatiques : toutes les fixations se montent indifféremment à l'avant ou à l'arrière du vérin.

Fig. 4.11. – fixarea modulara pentru cilindrii pneumatici; toate fixarile se fac in fata sau in spatele cilindrului

Capetele de tija: constituie articulatia complementara a unei fixari oscilante a cilindrului



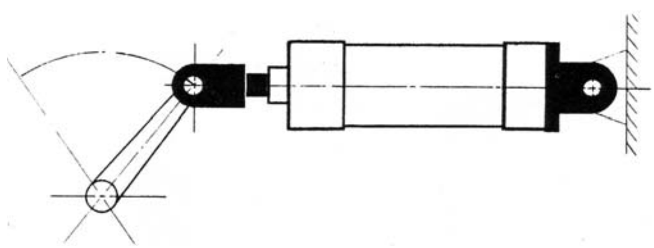


Fig.4.12 – Capete de tija

Fig.4.13. – Cilindru oscilant echipat cu o articulatie-spate si un capat de tija

ACTIUNILE CILINDRILOR PE MASINI

Plecand de la cilindri se pot obtine pe masini miscari variate.

Trebuiesc sa distingem ***miscarile rectilinii***, care necesita *cilindri ficsi*, si ***miscarile de rotatie***, care necesita o *fixare oscilanta* a cilindrului.

Miscari rectilinii
In fig.4.14 sunt prezentate diferite actiuni ale cilindrilor pneumatici pentru miscari rectilinii.

Cilindrii sunt montati fix pe masina. Tija cilindrului este solidara cu elementul utilajului ce efectueaza actiunea.

Pentru anumite actiuni (transfer, ridicare, ejectare etc.) cilindrul are cursa capat-capat.
Pentru alte actiuni (strangere, bridare, deformare, asamblare, marcare s.a.) cursa este limitata prin insasi actiunea cilindrului.

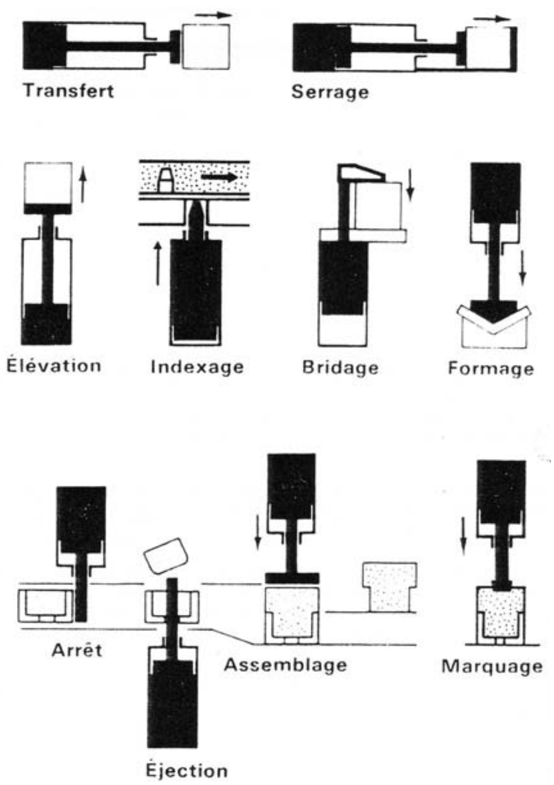


Fig.4.14. – Exemple de miscari rectilinii asigurate de catre cilindri ficsi

Miscari de rotatie
In fig.4.15 se arata modul de obtinere a miscarii de rotatie plecand de la cilindri standard :

- pentru o rotatie inferioara a 135^0 , este suficient un cilindru montat pe o fixare oscilanta;
- pentru o rotatie superioara a 135^0 miscarea cilindrului trebuie modificata (cupla roata dintata-cremaliera).

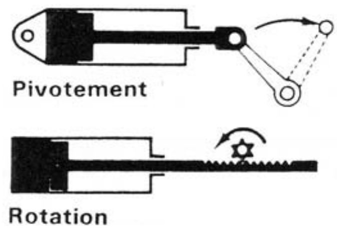


Fig.4.15 – Exemple de miscari de rotatie asigurate de cilindru

Miscari care cer o fixare oscilanta a cilindrului
Cilindrii oscilanti pot fi integrati in diverse sisteme mecanice: leviere, parghie s.a.
In acest caz, miscarea cilindrului este transformata astfel incat sa obtina actiunea dorita.

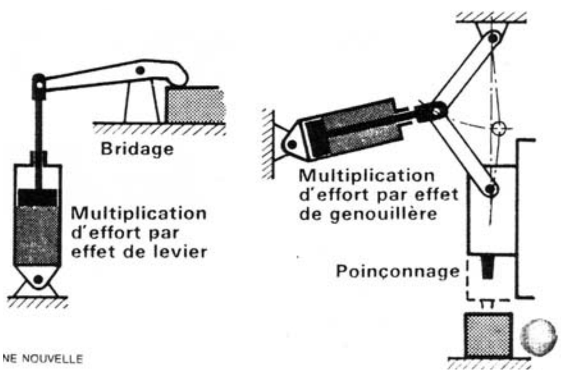


Fig.4.16 – Exemple de miscari care cer o fixare oscilanta a cilindrului

DIMENSIONAREA CILINDRILOR

Functie de miscare si de incarcare, se determina doua cote (fig.4.17):

- cursa C
- diametrul D

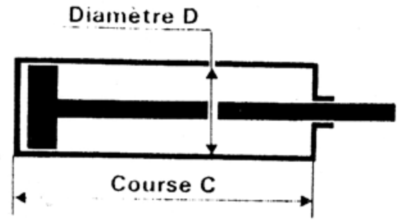


Fig.4.17- Dimensiunile C si D ale unui cilindru

Determinarea cursei

- Se pleaca de la lungimea deplasarii ce trebuie realizata
- Functie de caz, cursa poate fi:
  - limitata intre cele doua extremitati ale cilindrului, cursa fiind data de cursa cilindrului, cu o precizie functie de precizia de constructie a cilindrului (± 0,2 mm);
  - limitata din exterior, la una sau la ambele extremitati (limitata prin insusi procesul tehnologic: presare, marcare etc.; prin limitator fix; prin limitator reglabil)

- In cazul microcilindrilor nedemontabili sau al cilindrilor simplificati specifici, cursa este standard;
- La cilindrii standard cu amortizare sau simplificati cursa poate fi standard sau speciala;
- daca in cazul unei amortizari pneumatice este aleasa oprire cu limitator, trebuie ca oprirea sa se faca in zona de eficacitate a amortizarii (in ultimii 10 mm ai cursei).

Determinarea diametrului

- Intr-o prima aproximare se poate spune ca diametrul D rezulta din forta axiala teoretica F_A dezvoltata de cilindru, la o presiune P:

  - sectiunea cilindrului: $S = \frac{\pi D^2}{4}$
  - forta axiala teoretica: $F_A = P \times S = P\frac{\pi D^2}{4}$

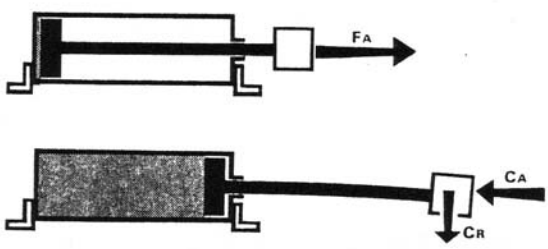


Fig.4.18–Solicitarile pentru un cilindru fix

- In realitate, aceasta forta nu este atinsa decat cand trebuie sa se opreasca (sarcina statica);
- In timpul deplasarii cilindrul dezvolta doar o parte din aceasta forta, sarcina dinamica reala dezvoltata fiind un procent din aceasta;
- Se observa ca plecand de la diametrul D se pot calcula alte elemente dimensionale ale cilindrului: diametrul tijei, lungimea ghidajelor, volumul camerei de amortizare s.a.;
- Deci, plecand de la diametrul nominal, rezulta:
  - capacitatea ghidajelor de a suporta o incarcare radiala C_R;
  - capacitatea tijei de a rezista la flambare datorata incarcarii axiale C_A si la incovoiere datorita incarcarii radiale C_R;
  - capacitatea de amortizare a cilindrului.

Obs.: Aceste aspecte vor fi tratate in continuare.

A. Dimensionarea cilindrilor in functie de incarcarea axiala

a. Forta teoretica; Exemplu

Din fig. 4.19 si 4.20 rezulta expresia generala pentru forta teoretica dezvoltata de cilindru in ambele sensuri: **F** [N] = **P** [bar] x **S** [m^2]

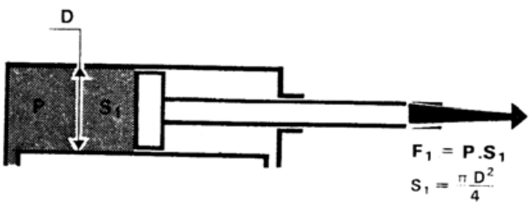


Fig.4.19 Forta teoretica pe cursa de intoarcere

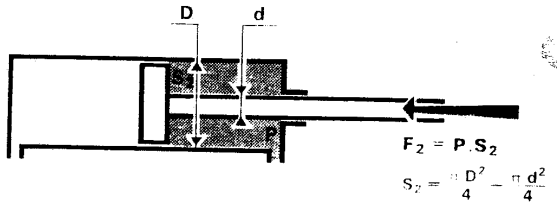


Fig.4.19 Forta teoretica pe cursa de avans

b. Incarcarea reala; raportul incarcarii

La un cilindru, alimentat la o presiune P, deplasand o sarcina C, forta de impingere este totdeauna inferioara celei teoretice:

$$t(raportul \quad incarcarii) = \frac{C(incarcarea \quad reala)}{F(Incarcarea \quad teoretica = P \cdot S)} \leq 1$$

- Valoarea aleasa pentru **t** trebuie sa tina seama de:
  - frecarile interne din cilindru (sunt de ordinul 0,05 pana la 0,1 din forta dezvoltata, depinzand de diametru si de lubrifiant);
  - contrapresiunea datorata evacuarii, care este necesara mentinerii in cilindru pentru a obtine o miscare regulata cu viteza controlabila.

c. Incarcare dinamica – incarcare statica

Raportul incarcarii depinde de tipul sarcinii pentru care este prevazut cilindrul: *<u>statica</u>* sau *<u>dinamica</u>*.

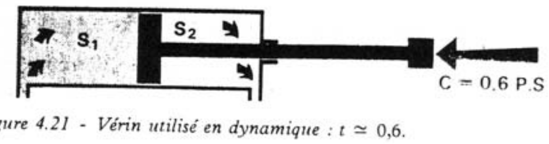


Figure 4.21 - Vérin utilisé en dynamique : t ≃ 0,6.

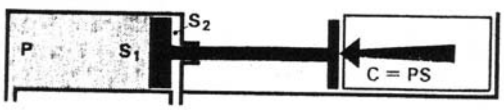


Figure 4.22 - Vérin utilisé en statique : t ≃ 1.

*Fig. 21 si 21 – **t** functie de tipul de sarcina*

➢ *Sarcina dinamica pe toata cursa*

Este cazul general si apare in situatii precum : cilindri de transfer, cilindri pentru ridicare, cilindri actionand un mecanism etc.

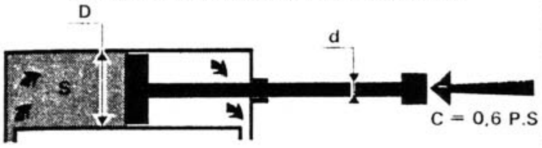
- in ciuda sarcinii dinamice, miscarea trebuie sa fie regulata, acest lucru putand fi obtinut prin mentinerea unei contrapresiuni de evacuare, debitul de evacuare al acesteia controland viteza cilindrului.
- Aceasta contrapresiune si frecarile interne din cilindru impun un raport al incarcarii de 0,6.

➢ *Sarcina statica*

- apare numai la sfarsitul cursei
- anumiti cilindri sunt destinati numai aplicarii unei forte statice la sfarsit de cursa, in timpul cursei sarcina fiind nula sau neglijabila: cilindri de presare, cilindri de marcare, de fixare etc.
- La sfarsitul cursei contrapresiunea este nula (aerul este eliminat), frecarile interne sunt neglijabile (garniturile sunt imobile) astfel incat incarcarea statica este egala cu cea teoretica; ***t*** este egal cu 1.

Din tabelul urmator se determina direct dimensiunile ***D*** si ***d*** functie de sarcina axiala aplicata:

Charge dynamique au long de la course

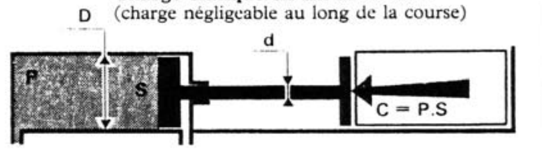


taux de charge : t = 0,6

charge C en DaN, rentrée tige / charge C en daN, sortie tige

VÉRIN	Pression d'alimentation 4 bars	5 bars	6 bars	7 bars	8 bars
D = 8 mm, tige d = 4 mm	1,2 / 0,9	1,5 / 1,1	1,8 / 1,3	2 / 1,6	2,4 / 1,8
D = 10 mm, tige d = 4 mm	1,9 / 1,6	2,3 / 1,9	2,8 / 2,4	3,3 / 2,7	3,7 / 3,2
D = 12 mm, tige d = 6 mm	2,7 / 2	3,4 / 2,5	4 / 3	4,7 / 3,6	5,4 / 4
D = 16 mm, tige d = 6 mm	4,7 / 4	5,9 / 5	7,1 / 6	8,3 / 7	9,5 / 8
D = 20 mm, tige d = 8 mm	7 / 6	9 / 8	11 / 9,5	13 / 11	15 / 12,6
D = 25 mm, tige d = 12 mm	13 / 9	15 / 11	17 / 13	20 / 16	23 / 18
D = 32 mm, tige d = 12 mm	19 / 16	24 / 21	29 / 25	34 / 29	38 / 33
D = 40 mm, tige d = 18 mm	30 / 24	37 / 29	45 / 36	53 / 42	60 / 48
D = 50 mm, tige d = 18 mm	47 / 41	59 / 51	71 / 61	82 / 71	94 / 81
D = 63 mm, tige d = 22 mm	75 / 65	94 / 82	112 / 98	131 / 115	149 / 131
D = 80 mm, tige d = 22 mm	120 / 111	151 / 139	181 / 167	211 / 195	241 / 223
D = 100 mm, tige d = 30 mm	188 / 171	235 / 214	282 / 257	330 / 300	377 / 343
D = 125 mm, tige d = 30 mm	294 / 277	368 / 347	441 / 416	515 / 485	589 / 555
D = 160 mm, tige d = 40 mm	482 / 452	603 / 565	723 / 678	844 / 791	965 / 904
D = 200 mm, tige d = 40 mm	754 / 723	942 / 904	1130 / 1085	1319 / 1266	1507 / 1447
D = 250 mm, tige d = 57 mm	1177 / 1116	1472 / 1395	1766 / 1674	2061 / 1953	2355 / 2232
D = 320 mm, tige d = 57 mm	1929 / 1868	2411 / 2335	2894 / 2802	3376 / 3269	3858 / 3726

Charge statique en fin de course
(charge négligeable au long de la course)



taux de charge : t = 1

charge C en DaN, rentrée tige / charge C en daN, sortie tige

VÉRIN	Pression d'alimentation 4 bars	5 bars	6 bars	7 bars	8 bars
D = 8 mm, tige d = 4 mm	2 / 1,5	2,5 / 1,9	3 / 2,3	3,5 / 2,6	4 / 3
D = 10 mm, tige d = 4 mm	3,1 / 2,6	3,9 / 3,3	4,7 / 3,9	5,5 / 4,6	6,2 / 5,3
D = 12 mm, tige d = 6 mm	4,5 / 3,4	5,6 / 4	6,8 / 5	8 / 6	9 / 7
D = 16 mm, tige d = 6 mm	8 / 7	10 / 8,5	12 / 10	14 / 12	16 / 14
D = 20 mm, tige d = 8 mm	13 / 10	16 / 13	19 / 16	22 / 18	25 / 21
D = 25 mm, tige d = 12 mm	20 / 15	25 / 19	29 / 23	34 / 26	40 / 30
D = 32 mm, tige d = 12 mm	32 / 28	40 / 34	48 / 42	56 / 48	64 / 56
D = 40 mm, tige d = 18 mm	50 / 40	64 / 50	76 / 60	88 / 70	100 / 80
D = 50 mm, tige d = 18 mm	78 / 68	100 / 86	116 / 102	138 / 120	156 / 136
D = 63 mm, tige d = 22 mm	124 / 108	156 / 136	188 / 164	218 / 192	250 / 218
D = 80 mm, tige d = 22 mm	200 / 184	250 / 232	300 / 278	332 / 326	402 / 372
D = 100 mm, tige d = 30 mm	316 / 284	392 / 360	472 / 428	550 / 500	628 / 572
D = 125 mm, tige d = 30 mm	492 / 464	616 / 580	740 / 694	860 / 810	982 / 926
D = 160 mm, tige d = 40 mm	804 / 756	1004 / 944	1206 / 1132	1408 / 1320	1608 / 1510
D = 200 mm, tige d = 40 mm	1256 / 1204	1530 / 1508	1884 / 1810	2200 / 2112	2512 / 2410
D = 250 mm, tige d = 57 mm	1962 / 1860	2453 / 2326	2944 / 2791	3434 / 3256	3925 / 3721
D = 320 mm, tige d = 57 mm	3215 / 3113	4019 / 3892	4823 / 4670	5027 / 5448	6431 / 6227

B. Dimensionarea cilindrilor in functie de incarcarea radiala si de durata de viata

- Un cilindru, in general, est supus deseori, si unei incarcari radiale care solicita ghidajele si limiteaza durata lor de viata.
- In timpul operatiunilor de intretinere, se inlocuiesc garniturile si ghidajele
- Este asadar necesar sa se verifice daca cilindrul ales poate suporta incarcarea radiala prevazuta, astfel incat uzura ghidajelor sa nu fie mai rapida decat cea a garniturilor

Actiunea incarcarii radiale asupra ghidajelor cilindrului

▪ Desi, in principiu, un cilindru este prevazut pentru a suporta o sarcina axiala, totusi, in multe cazuri sarcina radiala este inevitabila, care se datoreaza:

- greutatii sarcinii deplasate pe tija;
- greutatii lui insusi, montat in sistem oscilant.

▪ In fig. 4.23 se arata cum ghidajele cilindrilor suporta actiunile mecanice care cresc nu numai cu sarcina radiala (greutatea utilajului, greutatea cilindrului) dar, de asemenea, cu cursa cilindrului; aceste eforturi devin foarte importante pentru cilindrii cu curse lungi si in pozitia cu tija iesita.

▪ Evolutia constructiva a ghidajelor integrate cilindrilor permite preluare de catre acestea a unor incarcari radiale din ce in ce mai importante.

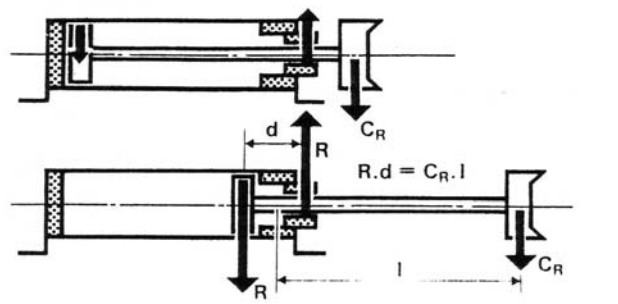


Figure 4.23 - Actions sur les guidages d'un vérin : face à une charge radiale C_R appliquée à la tige, les actions R sur les guidages deviennent importantes en position « tige sortie ».

Fig. 4.23-Actiunea incarcarii radiale asupra ghidajelor cilindrilor

Actiunea incarcarii axiale si radiale asupra tijei cilindrului

▪ In cazul unei actiuni de tractiune, tija cilindrului este solicitat la flambaj sub actiunea incarcarii axiale.

▪ Cand intervine si incarcarea radiala, solicitarea la flambaj este accentuata de actiunea combinata a celor doua incarcari, axiala si radiala.

▪ In acest caz trebuie verificata tija, mai ales pentru cilindrii cu cursa lunga incarcati radial

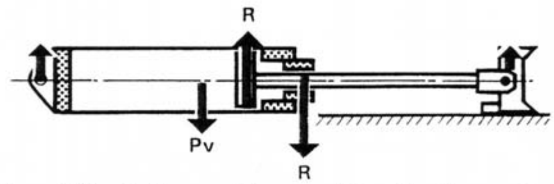


Figure 4.24 - Guidage extérieur au vérin : si la charge radiale est trop forte pour être supportée par le vérin, un guidage, extérieur est nécessaire. Les guidages internes au vérin sont néanmoins sollicités par le poids P_V du vérin monté en oscillant arrière.

Fig.4.24-Ghidaje exterioare pentru incarcari radiale mari

Durata de viata a garniturilor

▪ Durata de viata a garniturilor pistonului si tijei nu depind practic de incarcari; la o anumita presiune, singura, distanta parcursa de garnituri provoaca uzura lor.

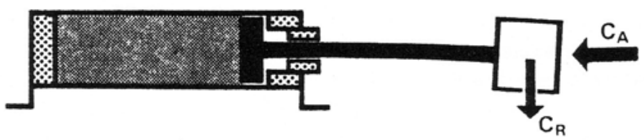


Figure 4.25 - Flambage assisté de la tige : le flambage dû à l'action de la charge axiale C_A est augmenté par l'action de C_R.

Fig.4.25-Influenta incarcarilor combinate asupra flambajului tijei

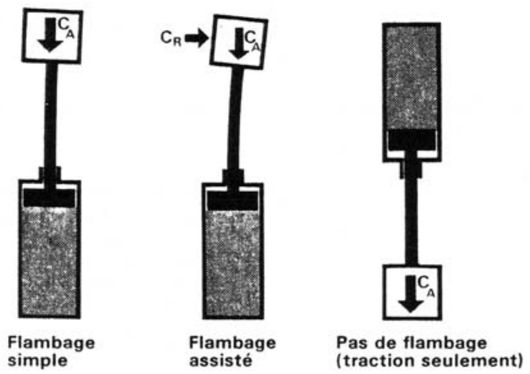


Figure 4.26 - Différents types de flambage d'une tige de vérin.

Fig.4.26-Tipuri de flambaj specifice tijei cilindrilor

*Principiile diagramei "**incarcare radiala-cursa-durata de viata**"*

- Obiectivul si modul de utilizare al diagramelor

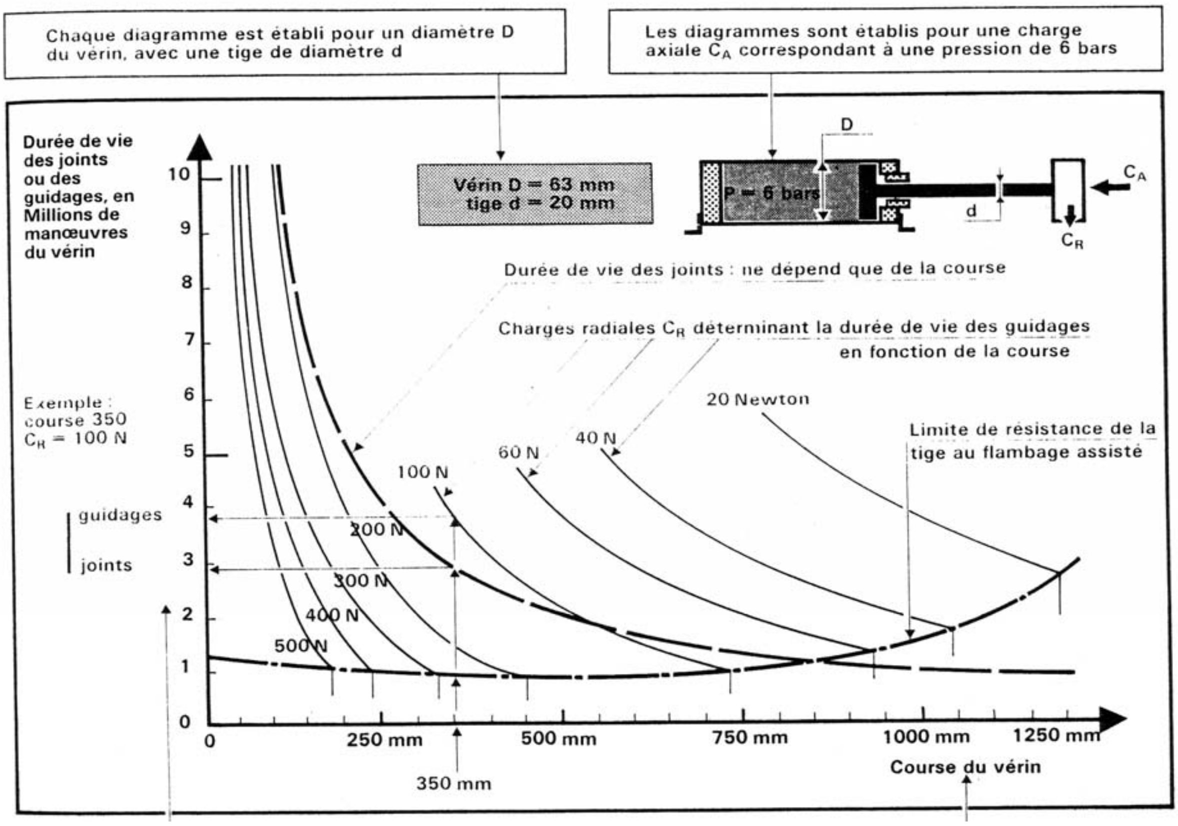
  Diagrama este stabilita pentru un cilindru de diametru dat si permite verificarea simultana a:

- duratei de viata a garniturilor, exprimata in numar de cicluri de functionare a cilindrului; aceasta durata de viata este functie de cursa;
- duratei de viata a ghidajelor, exprimata in numar de cicluri de functionare a cilindrului; aceasta durata de viata este functie de cursa si de incarcarea radiala C_R ;
- rezistentei tijei la flambaj; aceasta este functie de cursa (≈ lungimea tijei), de incarcarea axiala C_A si de incarcarea radiala C_R .

Obs.:

- *aceste diagrame sunt utile pentru cilindrii incarcati radial si cilindri de cursa lunga.*
- *se scoate in evidenta: limitele pentru incarcarea radiala; limitele de anduranta a garniturilor pentru cilindrii de cursa lunga; limitele de rezistenta ale tijei pentru cilindri de cursa lunga.*
- *utilizarea diagramei conduce la cresterea diametrului cilindrului determinat prin raportare la incarcarea axiala.*

Fig. 4.27 – Modul de utilizare a diagramelor "incarcare radiala-cursa-durata de viata"



Este important ca incarcarea radiala C_R nu reduce durabilitatea ghidajelor sau a garniturilor la o valoare prea joasa; aceasta face posibila, in cazul operatiilor de intretinere, inlocuirea simultana a ghidajelor si a garniturilor.

Cand cursa este mai lunga:
- durabilitatea garniturilor este mai mica;
- ghidajele sunt mai putin rezistentela o incarcare radiala data;
- tija, in acest caz, va fi solicitata mai tare la flambaj

Cilindri echipati cu senzori

- Senzorii (pneumatici, electrici sau electronici) sunt implantati pe masina si sunt actionati de elementele mecanice deplasate de cilindri (fig. 4.59).
- In multe din cazuri, situarea senzorilor in zona de lucru deranjeaza sau implantarea lor este dificila; din acest motiv se apeleaza la alte solutii (fig. 4.59).

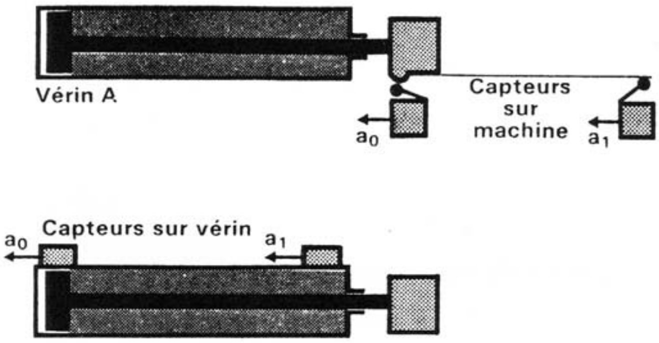


Fig. 4.59 Solutii de fixare a senzorilor pentru eliberarea zonei de lucru

- Solutii de cilindri echipati cu senzori

  a. Senzori de capat de cursa integrati in capacele de pe capetele cilindrului (fig. 4.60). Acestia sunt destinati detectarii sfarsitului cursei pistonului. In fig. sunt prezenti un *senzor cu contact electric* si *un detector de proximitate electronic*.

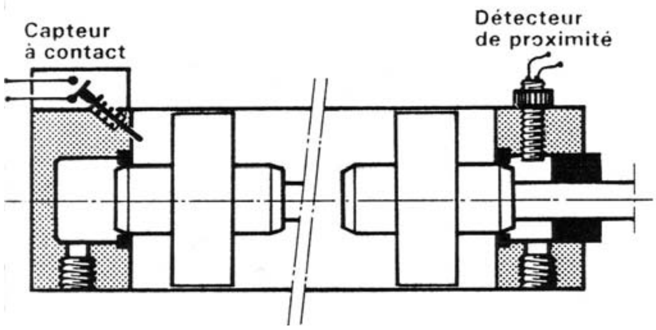


Fig. 4.60 Senzor electric de capat de cursa integrat in capacul de fund al cilindrului pneumatic

  b. Senzori magnetici pe carcasa cilindrului (fig. 4.61)
  In acest caz carcasa este nemagnetica iar un magnet permanent este montat in piston si creeaza un camp magnetic care se deplaseaza odata cu pistonul. Un senzor magnetic (senzor Reed) plasat pe carcasa detecteaza trecerea pistonului.

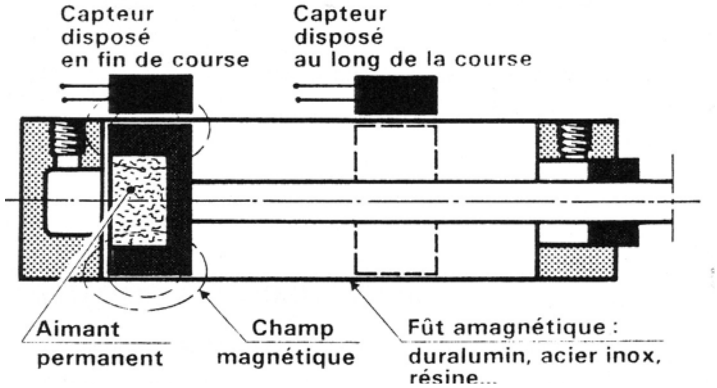


Fig. 4.61 Senzor magnetic pe cilindru

c. Senzori pneumatici (fig. 4.62)
Senzori de sfarsit de cursa pot fi integrati capetelor cilindrilor ca si in cazul celor electrici. Dispusi pe orificiile cilindrului pneumatic standard, acesti senzori "profita" de caderea de presiune in camera de evacuarea cilindrului, pentru a detecta sfarsitul cursei si a emite un semnal pneumatic. (fig. 4.62).

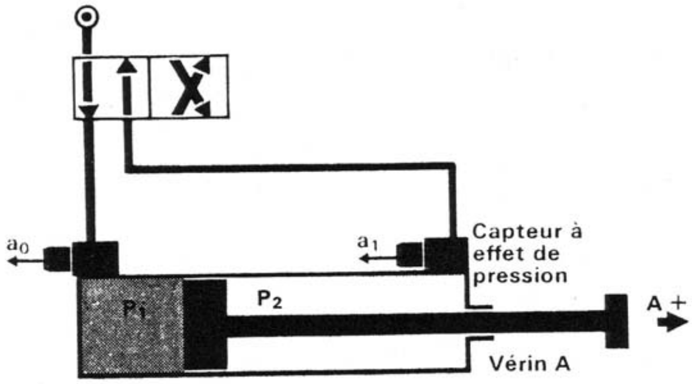


Fig. 4.62 Cilindru echipat cu doi senzori pneumatici "ca efect al presiunii" si distribuitorul asociat

- Intr-adevar, asa cum rezulta din fig. 4.63, contrapresiunea P_2 de evacuare nu cadecomplet decat atunci cand pistonul se opreste.
- Acesti senzori prezinta avantajul de a putea fi montati pe cilindri standard si de a furniza un semnal pneumatic direct utilizabil in comanda pneumatica, motiv pentru care sunt frecvent utilizati.

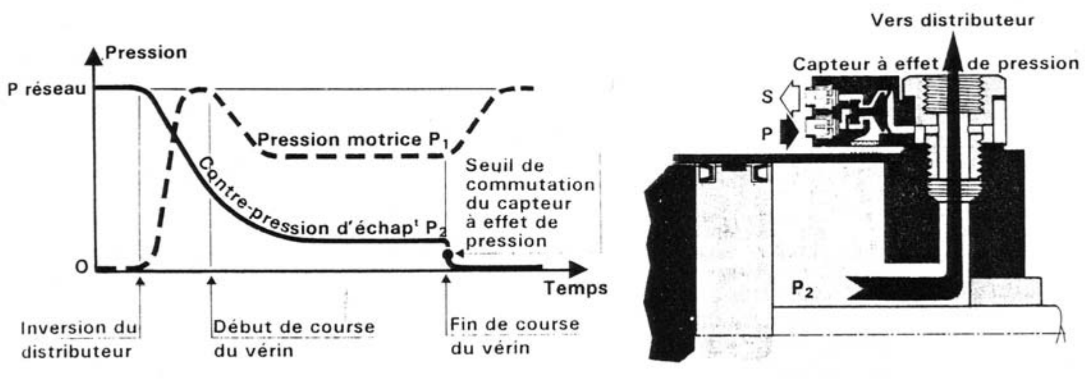


Fig. 4.63 Evolutia presiunii in cilindru si functionarea unui senzor pneumatic de capat de cursa "ca efect al presiunii"; la capat de cursa presiunea P_2 cade complet, antrenand comutarea senzorului.

Obs:
1. Cilindrii pneumatici echipati cu senzori sunt utilizati pentru a degaja zona de lucru a masinii si a simplifica realizarea acestor masini.
2. Tipul masinii, totul pneumatic sau electro-pneumatic determina alegerea de cilindri echipati cu senzori pneumatici sau electrici, pentru a obtine masini omogene.
3. Se vor prefera oricum senzori pe masina in punctele unde pot fi usor montati pentru a obtine eventual posibilitati mai mari de reglare, o securitate sporita sau o fiabilitate mai mare.

Unitati functionale pneumatice

- Aceste unitati pot fi integrate masinilor automatizate si pot fi utilizate la: *gaurire, tarodare, filetare, divizore, manipulare etc*.
- Pot asigura prelucrarea simultana, multipla a unei piese, asamblare etc.
- Sunt usor de pus in functiune, asigura operare facila si sunt compacte.
- O asemenea unitate grupeaza unul sau mai multi actuatori.

Exemplul 1:Unitate pneumatica de gaurire

- Principiul de functionare al unei unitati pneumatice de gaurire (fig. 4.78)

-*cursa inainte*: un singur orificiu alimenteaza in acelasi timp rotirea si avansul burghiului;
-*cursa de lucru*: poate fi regulata pneumatic sau, pentru o precizie mai mare, sa se utilizeze un regulator hidraulic aditional
-*cursa de revenire* : pneumatica

- Pentru tarodare, unitatea este echipata cu un cap special care comporta un sistem de inversare a sensului de rotatie sub forta de readucere.

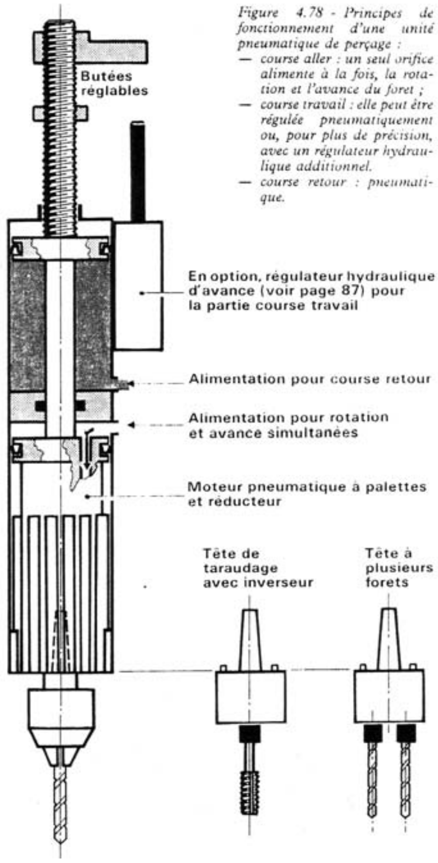


Fig. 4.78 Principiul de functionare a unei unitati pneumatice de gaurire

- Post de gaurire multiplu (fig.4.79)

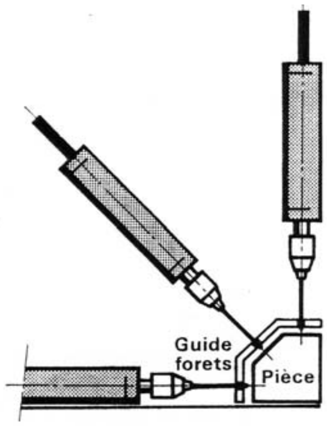


Fig. 4.79 Mai multe unitati de gaurire pe acelasi post

➢ ***Exemplul 2:Platou rotitor cu divizare pneumatica (fig. 4.81)***

- Asigura simplu si precis transferul, pas cu pas, intre 4, 6, 8 sau 12 posturi automate sau semiautomate, care efectueaza, fiecare in parte, o parte a operatiunilor de prelucrare.

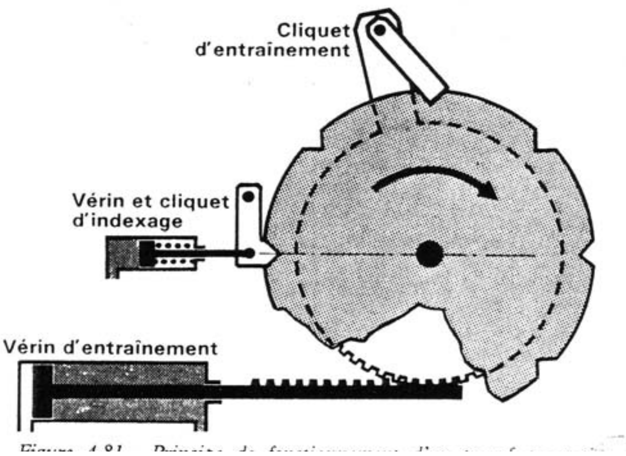


Fig. 4.81 Principiul de functionare a unui platou rotitor cu divizare pneumatica

Exemplul 3:Manipulatoare pneumatice modulare

- Sunt un important ajutor in cazul masinilor de asamblare, sudare, vopsire, tehnici de robotizare.
- Elementele modulare sunt combinate functie de cerere

➢ In fig. 4.85 se arata cum se combina elementele modulare pentru a constitui un brat pentru a prinde si aduce piesele, pentru roboti de transfer s.a.

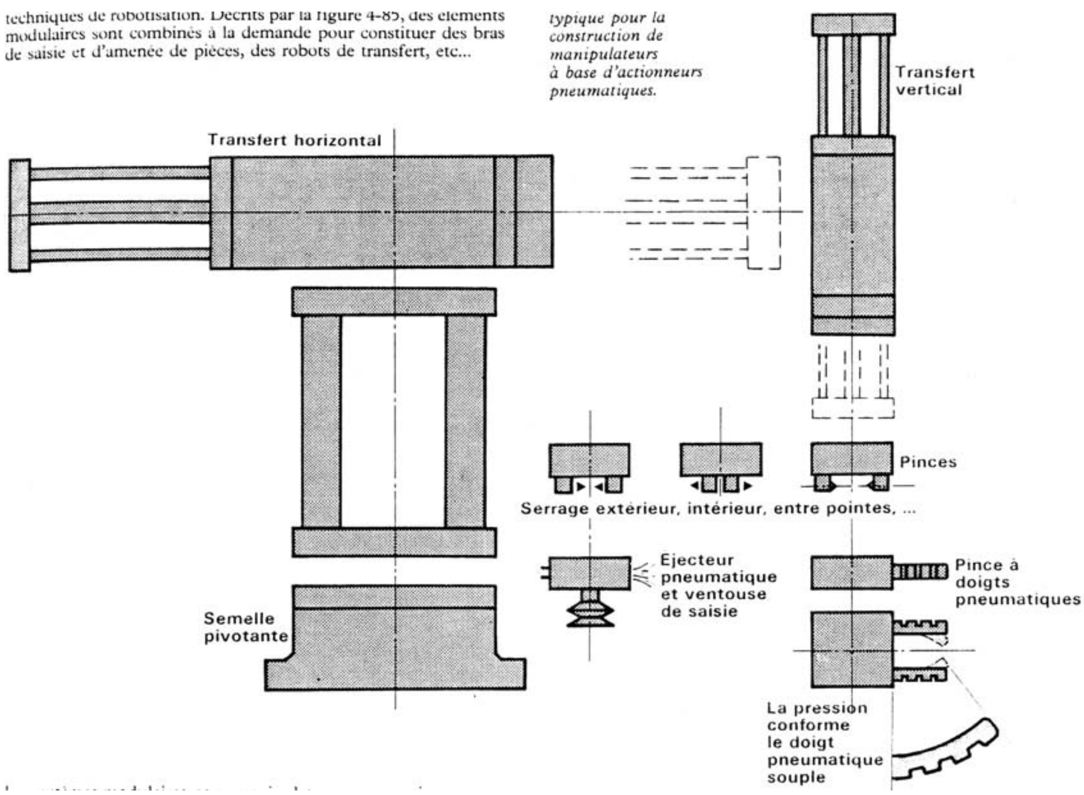


Fig. 4.85 Sistem modular tipic pentru constructia manipulatoarelor pe baza de actionare pneumatica

➢ Aplicatii ale manipulatoarelor pneumatice (fig. 4.86):

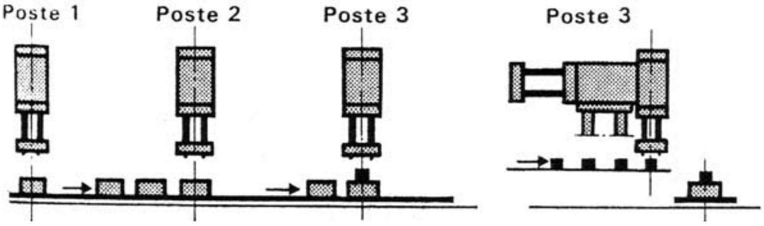


Fig. 4.86 Aplicatii ale manipulatoarelor: aducerea pieselor pe o banda de transfer pentru asamblare

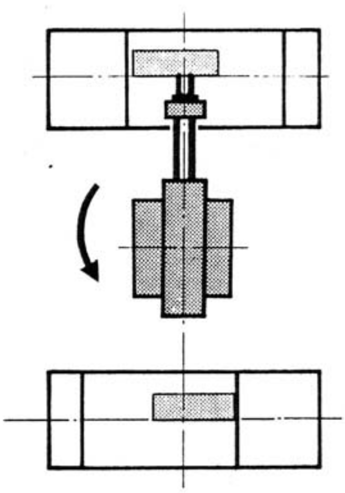


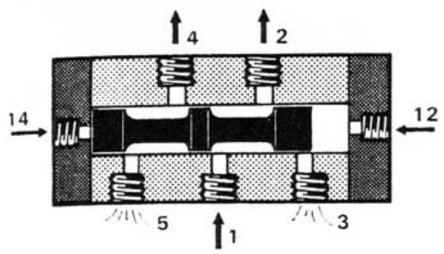
Fig. 4.87 Robot pneumatic pentru transferul piesei de la o masina la alta

DISTRIBUITOARE PNEUMATICE SI ELECTROPNEUMATICE

- In scopul de a obtine o structura compacta, distribuitoarele trebuiesc asociate in blocuri de distribuitoare, cu o alimentare cu aer sub presiune comuna precum si o evacuare comuna.
- Evolutia lor a fost de la *distribuitoare independente* la *distribuitoare asociate*.
- Sunt doua posibilitati de asociere: ***in linie*** si ***pe placa***

a. ***In linie***: racordarile pneumatice se fac direct pe corpurl distribuitorului, care prezinta orificii filetate (fig. 5.12).

b. ***Pe placa***: distribuitorul nu are nici un orificiu filetat; el se monteaza cu surub pe o placa (fig. 5.13)



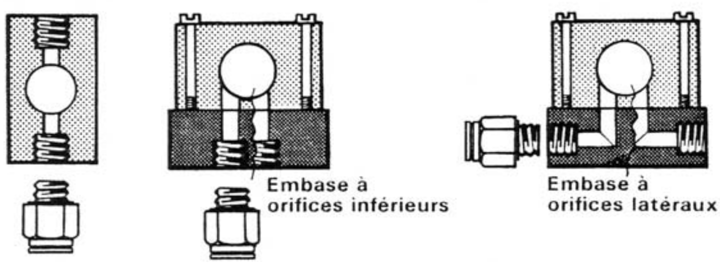


Fig. 5.12 Distribuitor 5/2 in linie

Fig. 5.13 Distribuitor pe placa

Obs.:

- In fig. 5.14 se prezinta modul de evolutie de la distribuitoare independente la cele asociate;
- Distribuitoarele pe placa prezinta urmatoarele avantaje:
  - usurinta de implantare si racordare
  - usurinta la intretinere (schimbarea unui distribuitor nu necesita o debransare greoaie)

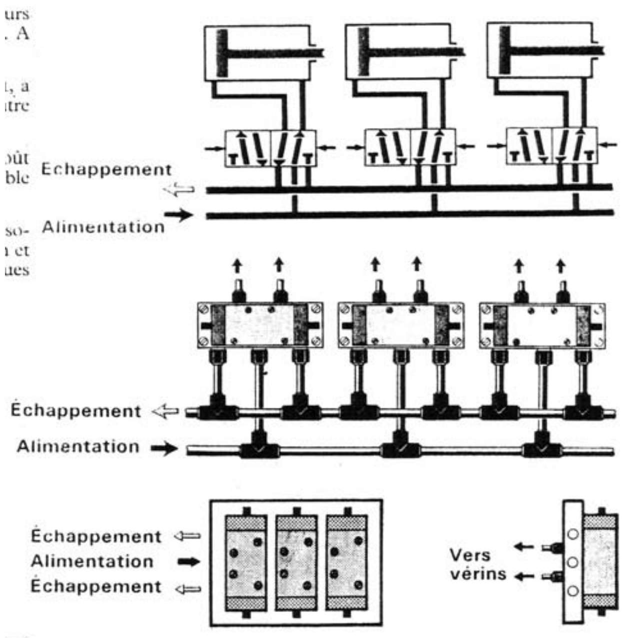


Fig. 5.14 3 distribuitoare independente transformat in bloc de 3 distribuitoare asociate

CURS 7-8

Electrovane de pilotaj

Acestea echipeaza distribuitoarele cu comanda electrica si transforma semnalul electric intr-unul pneumatic, totodata putand servi ca interfata intre o parte de comanda electrica si o parte de comanda pneumatica.

Principiul de functionare

Prin alimentare cu un curent electric de comanda, bobina creaza un camp electro-magnetic care provoaca:

- inchiderea unui miez tip plunjer, care asigura comutatia pneumatica (fig.5.31), fie
- paleta unui electromagnet care actioneaza clapeta de comutatie pneumatica (fig.5.32).

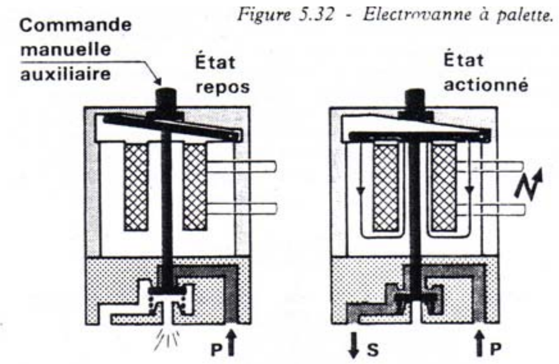


Fig.5.31 – Electrovalva cu miez tip plunjer

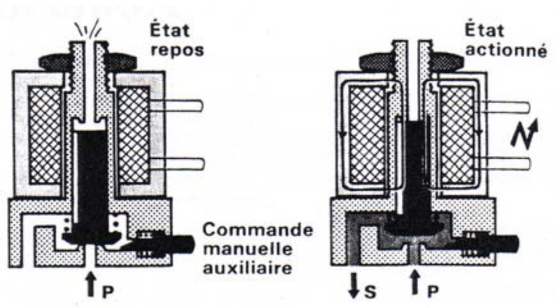


Fig.5.32 – Electrovalva cu paleta

Obs.:

- electrovalvele de pilotaj sunt monostabile; in absenta semnalului electric de comanda, un resort asigura readucerea in pozitia de repaus;
- exista o comanda manuala auxiliara care permite comutarea in absenta semnalului electric;
- semnalul electric poate fi in curent continuu sau alternativ;
- evolutia acestor electrovalve a mers catre un consum de curent comparabil cu a circuitelor electronice industriale (1,5 – 10 W) si spre miniaturizare.

PARTEA DE COMANDA

- Rolul acesteia este de a da “ordinele” partii operative si de a contola evolutia acesteia.
- Pentru indeplinirea acestui “rol” exista diferite tehnologii
- Pentru a descrie exigentele care se cer masinii in caietul de sarcini exista doua limbaje grafice complementare: **GRAFCET** si **GEMMA**; acestea faciliteaza realizarea raspunsului la aceste exigente.
- In fig. 7.1 se arata ca:
  - GRAFCET este adaptat in special descrierii ciclului si conditiilor de functionare;
  - GEMMA descrie “mersul si opririle” si prevede , in particular, dialogul om-masina.

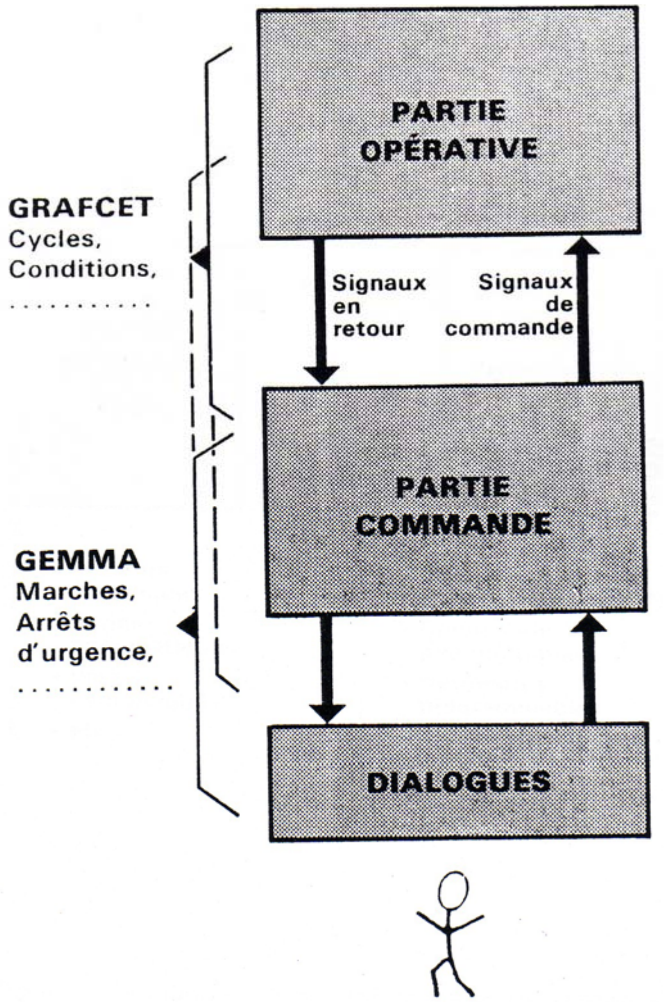


Fig. 7-1. Rolurile celor doua limbaje: GRAFCET si GEMMA

CONDUCEREA PROIECTELOR DE AUTOMATIZARE

- Conceperea unui proces de productie incepe cu conceperea produselor urmand apoi alegerea procesului si adotarea tipurilor de echipamente de productie si automatizarea lor (fig.7.2).
- In fig.7.4 este reprezentata schematic automatizarea echipamentelor de productie ca ultima etapa de reflectie inainte de debutul conceperii produsului.
- Procesul de automatizare astfel definit (fig. 7.4) incepe printr-un prestudiu al "partii operative (PO)" : definirea utilajelor,miscarile, actuatorii, secventele de realizat.
- Pornind de la acest prestudiu, se elaboreaza un caiet de sarcini al "partii de comanda (PC)", care include:
  - *diferitele elemente comandate: actuatorii, preactuatorii;*
  - *ciclurile de realizat, exprimate prin GRAFCET;*
  - *modurile de lucru si de oprire, exprimate prin GEMMA.*
- Studiul propriu-zis, alegerea componentelor si realizarea, se pot derula in paralel, pentru partea operativa si cea de comanda.
- In fig. 7.3 se arata posibilitatile de alegere pentru partea operativa si cea de comanda.
- Odata realizat acest lucru, se poate trece la realizarea masinii.

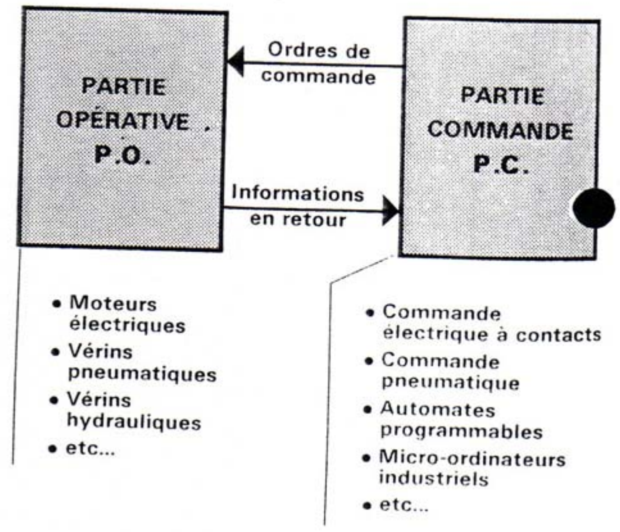


Fig.7.2–Conceperea unui proces de productie

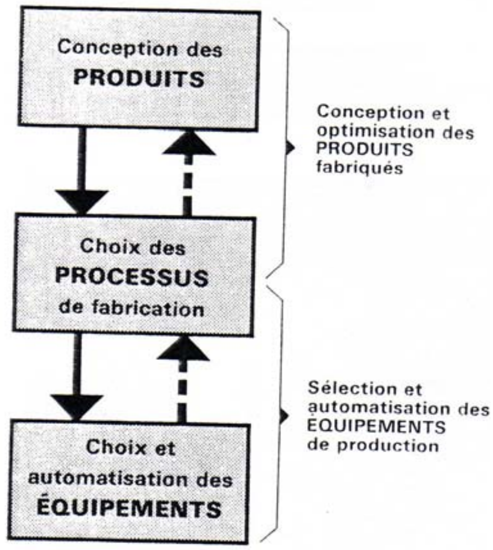


Fig.7.3–Cele doua parti ale tehnologiei de automatizare

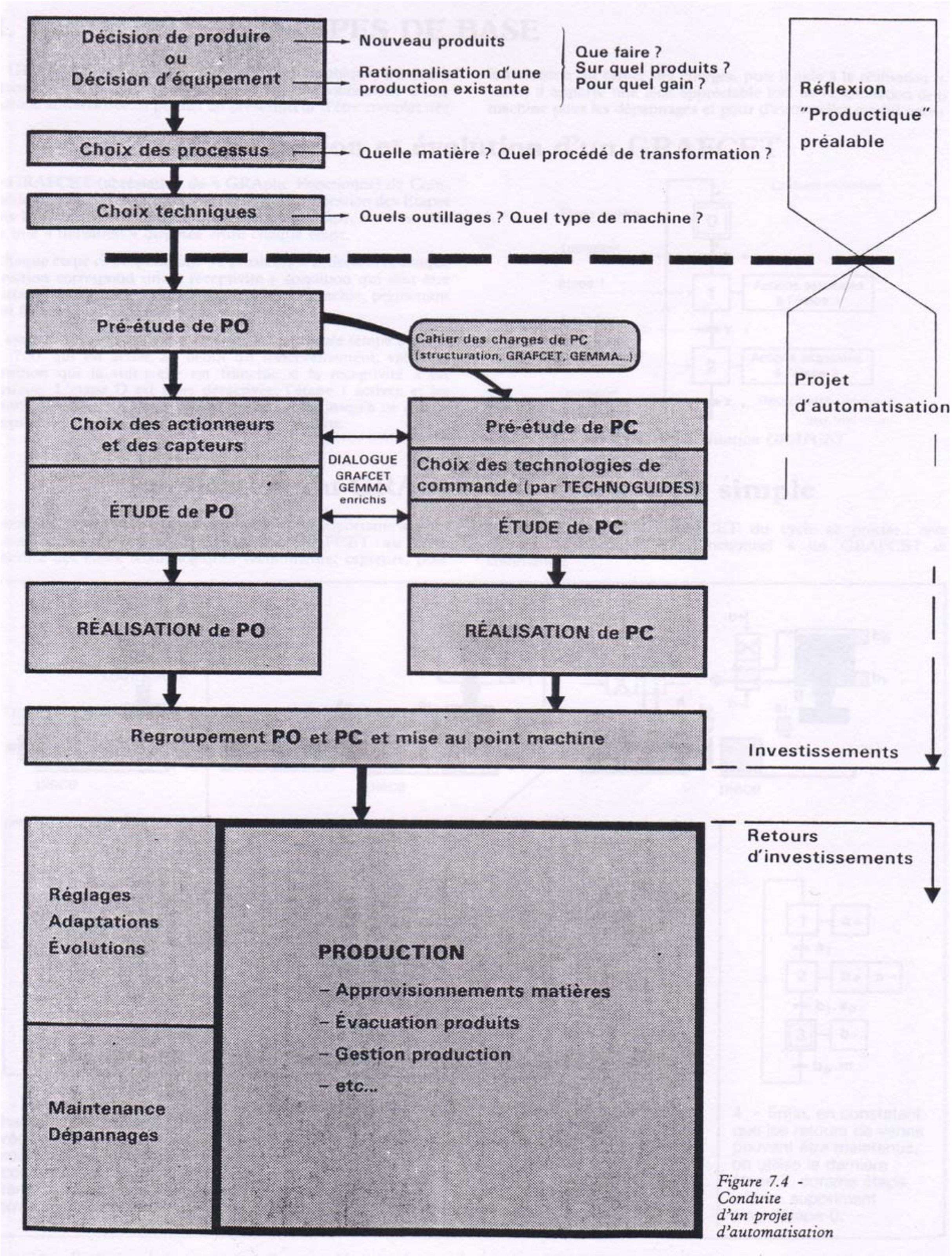


Fig.7.4 – Conducerea unui proiect de automatizare

<u>GRAFCET</u> – PRINCIPII DE BAZA

- Grafcet este un limbaj functional grafic, destinat precizarii ciclurilor si conditiilor de functionare ale unei masini automatizate; permite redactarea caietului de sarcini si este de ajutor in exploatarea masinii, pentru depanare si, eventual, modificare.

1. Simbolizarea si evolutia unui GRAFCET

- Abreviere de la “**GRA**phe **F**onctionnel de **C**omande **E**tapes-**T**ransitions »
- Reprezinta succesiunea etapelor intr-un ciclu ; Evolutia ciclului, etapa cu etapa, este controlata de o tranzitie dispusa intre etapaele succesive.
- Fiecare etapa corespunde uneia sau mai multor actiuni; Fiecare tranzitie corespunde unei “receptivitati”, conditie care trebuie sa fie satisfacuta pentru ca tranzitia sa poata fi libera, astfel permitand trecerea la etapa urmatoare.
- Ciclul se deruleaza etapa cu etapa: etapa initiala (etapa 0 in fig.7.5), care este activa la inceputul functionarii, valideaza tranzitia care urmeza; acesta are loc daca receptivitatea ***x*** este satisfacuta .
- Etapa 0 este, in acest caz dezactivata, etapa 1 este activatasi actiunile asociate etapei 1 se deruleaza pana cand receptivitatea ***y*** a tranzitiei va fi satisfacuta.
-

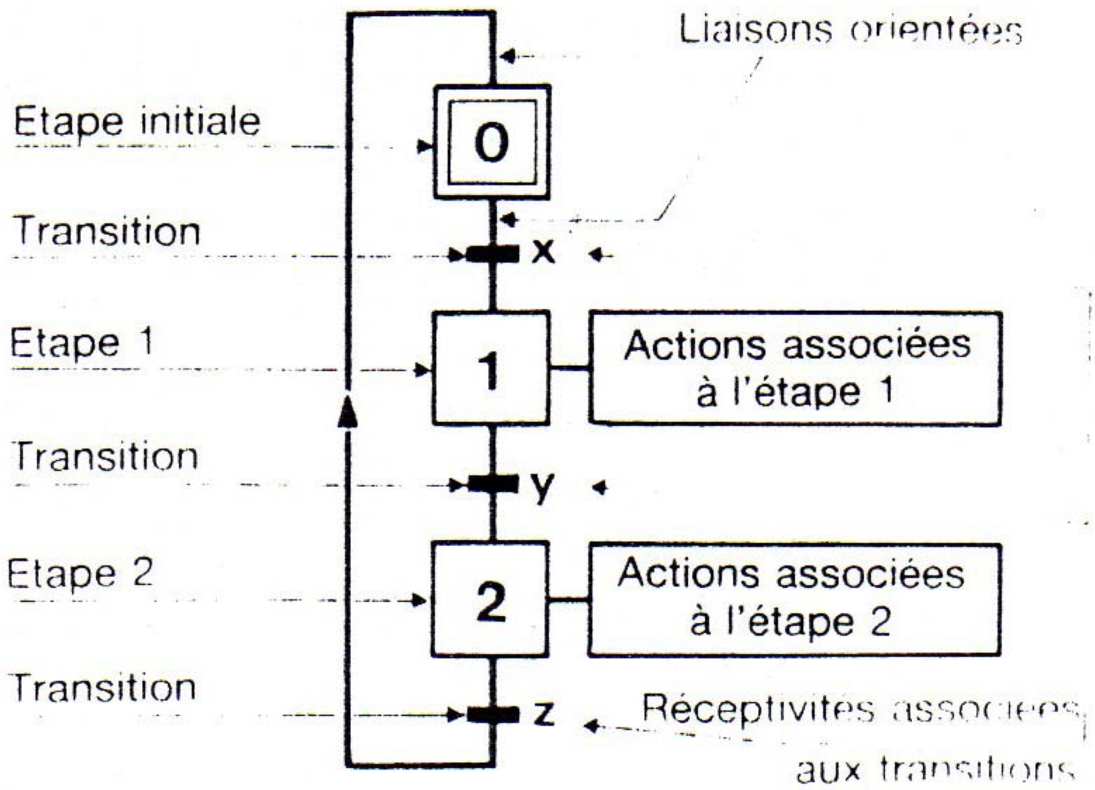


Fig. 7.2 – Bazele simbolizarii GRAFCET

2. Exemplu simplu de aplicare a GRAFCET

In exemplul din fig.7.6 se arata importanta ajutorului pe durata studiului din partea GRAFCET:
- pe masura ce se alege tehnologia (actuatorii, senzorii, preactuatorii s.a.), GRAFCET-ul ciclului evolueaza de la un GRAFCET functional la un GRAFCET de comanda.

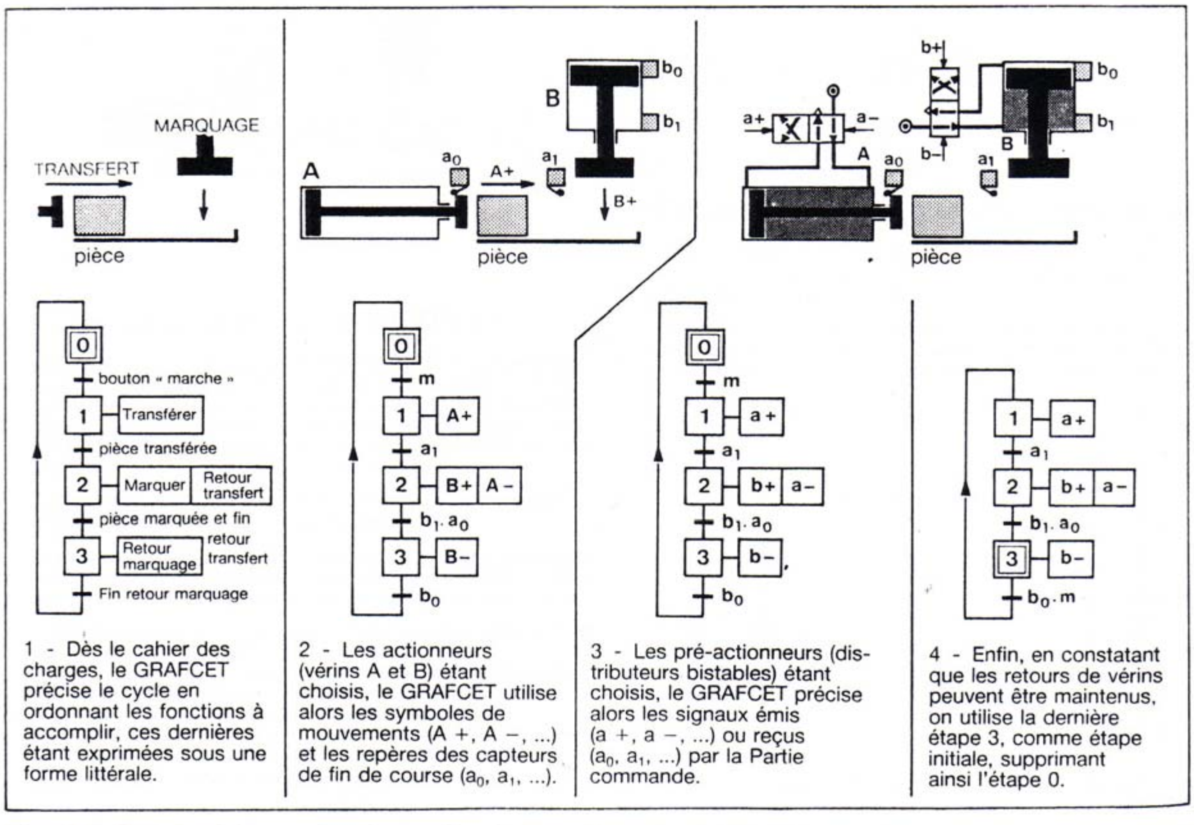


Fig.7.6 - Evolutia conceperii unei masini simple cu GRAFCETul ciclului sau

OBS.:

- GRAFCET poate fi cu secvente paralele sau cu secvente optionale (posibilitatea de a alege intre secvente);
- GRAFCEt este un limbaj grafic care utilizeaza simboluri (conventii grafice) precum desenul tehnic;
- Exista norme care precizeazaincipiile si codificarea simbolurilor.

GEMMA – Aplicatie pentru ambalare semiautomata

- GEMMA este tot un limbaj grafic, abreviere de la expresia "**G**uide d'**E**tudes des **M**odes de **M**arches et d'**A**rrets";
- Permite exprimarea diferitelor stadii necesare ale masinii, pentru functii de oprire de urgenta, de repunere in lucru, de reglaj, de verificare etc.
- GEMMA utilizeaza un vocabular pentru a indica aceste etape, a le defini si organiza.
- Fig.7.15 este un suport de reflexie care permite, pentru fiecare masina, de a prevedea toate stadiile necesare unei exploatari rationale.

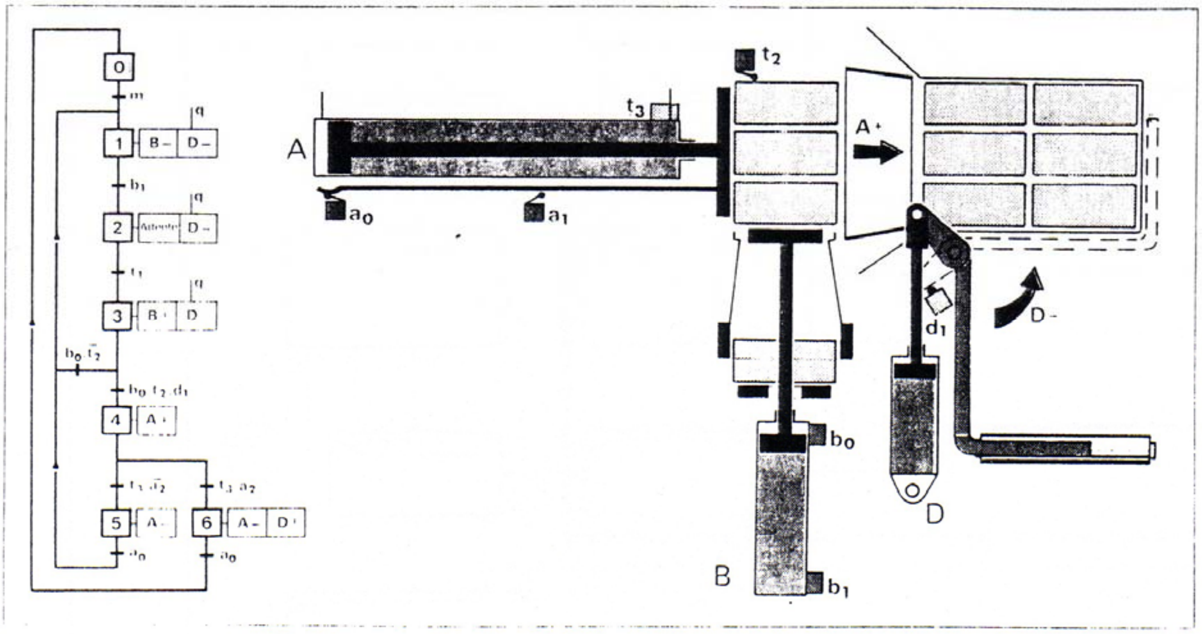


Fig.7.15 – Ambalare semiautomata: utilizarea GRAFCETlui functional si a schemei de ansamblu cu cilindrul in pozitia initiala.

Lucrul cu GEMMA

- Stadiile propuse de GEMMA , necesare functionarii masinii:
- pornirile si opririle normale;
- opririle datorate defectiunilor si procedurile de pornire;
- pornirile necesare reglajelor, depanarii, verificarii.

a. Pornirile si opririle normale

- Sunt deja prevazute in GRAFCETul ciclului;
- GEMMA le precizeaza complet: se trece de la stadiul ***A1***, “oprire in stadiul initial”, la stadiul ***F1*** , “productie normala”. Prin actiunea butonului “pornire (marche)”.
- Actionarea butonului “***Arret*** (oprire)” provoaca oprirea la sfarsitul ciclului apoi trecerea la stadiul ***A2***, “oprire ceruta la sfarsitul ciclului”.

CURS 10 – 14

Evoluția, clasificarea şi structura sistemelor mecatronice

Evoluția sistemelor de la sistemele pur mecanice la sistemele de fabricație inteligente

În multe domenii ale tehnicii se observă integrarea dintre sistemele mecanice şi electronică, integrare care s-a accentuat în special după anul 1980. Aceste sisteme s-au transformat din sisteme electromecanice, formate din componente mecanice şi electrice distincte, în sisteme mecano-electronice integrate echipate cu senzori, actuatori, microelectronică digitală. Aceste sisteme integrate poartă numele de sisteme mecatronice. În diagrama din Figura 2.1 este prezentată sintetic evoluția sistemelor mecanice, electrice şi electronice până la transformarea lor în sisteme mecatronice.

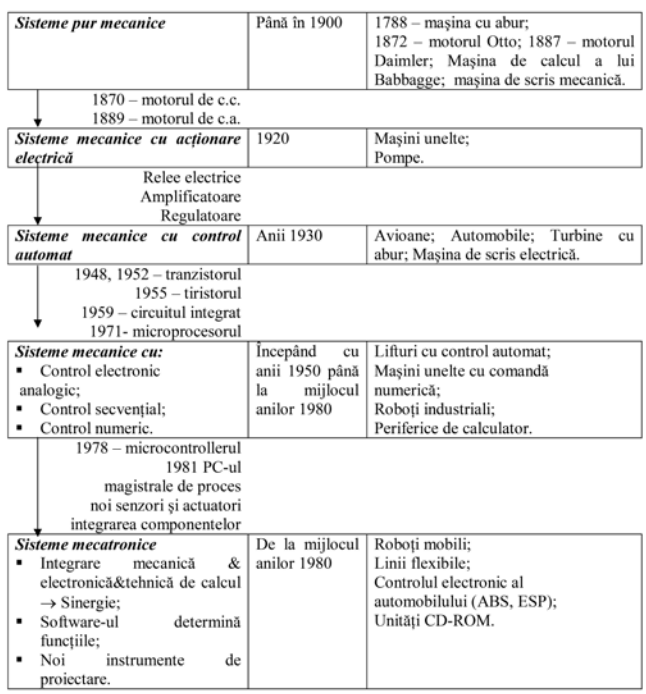


Figura 2.1: Evoluția sistemelor mecanice, electrice şi electronice

Mecatronica reprezintă o treaptă “naturală“ în procesul evoluției proiectării inginereşti contemporane.

Dezvoltarea computerelor, apoi a microcomputerelor şi a computerelor incorporate, asociată cu tehnologia informației şi a software-ului, au făcut ca în ultima parte a secolului XX mecatronica să devină un domeniu deosebit de important, chiar imperativ.

Pentru mulți ingineri angrenați în proiectarea de vârf mecatronica nu reprezintă nimic nou. Foarte multe din produsele tehnice realizate în ultimii 25 de ani reunesc şi integrează laolaltă sisteme mecanice, electrice şi informatice care au fost proiectate şi fabricate de ingineri care nu au fost pregătiți din punct de vedere formal în domeniul mecatronicii.

Este evident că studiul mecatronicii furnizează un instrument important pentru înțelegerea şi explicarea proceselor moderne de proiectare şi fabricare, pentru definirea, clasificarea, organizarea şi integrarea numeroasele aspecte într-un pachet coerent.

Definiția, structura şi clasificarea sistemelor mecatronice

Un sistem mecatronic este un sistem tehnic care integrează, într-o configurație flexibilă, componente mecanice, electronice şi de comandă cu sisteme numerice de calcul, pentru generarea unui control inteligent al mişcărilor, în vederea obținerii unei multitudini de funcții. Diagrama bloc a unui sistem mecatronic este prezentată în Figura 2.2.

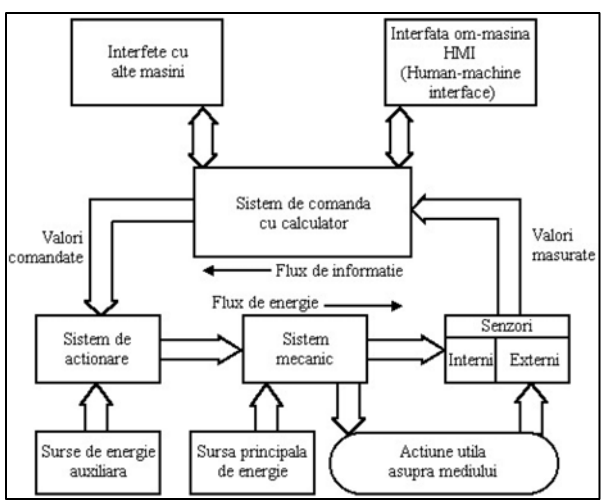


Figura 2.2: Diagrama bloc a unui sistem mecatronic

Din analiza diagramei bloc prezentate rezultă explicit trei caracteristici de bază ale sistemelor mecatronice:

a. *Integrare*:
- *spațială* prin întrepătrunderea constructivă a subsistemelor mecanice, electronice şi de comandă;
- *funcțională*, asigurată prin software.

b. *Inteligență*, raportată la funcțiile de control ale sistemului mecatronic şi caracterizată printr-o comportare adaptivă, bazată pe percepție, raționament, autoînvățare, diagnosticarea erorilor şi reconfigurarea sistemului (comutarea pe module intacte în cazul unor defecțiuni) etc.;

c. *Flexibilitate*, caracterizată de uşurința cu care sistemul poate fi adaptat, sau se poate adapta singur, la un nou mediu, pe parcursul ciclului său de funcționare; implică schimbarea adecvată a programelor de control (software) şi nu a structurii sale mecanice sau electrice (hardware).

O imagine asupra diversității şi complexității domeniilor care sunt incluse în vasta noțiune de "Mecatronică" poate fi furnizată de tematica secțiunilor primei conferințe IFAC (International Conference of Automatic Control) de "Sisteme Mecatronice", organizată între 18 şi 20 septembrie 2000 la Darmstadt (Germania):

- Secțiunea A – Sisteme mecatronice, incluzând vehicule mecatronice, motoare şi maşini mecatronice, trenuri mecatronice şi sisteme spațiale mecatronice;
- Secțiunea B - Componente mecatronice, cu temele actuatori şi dispozitive mecatronice şi lagăre magnetice;
- Secțiunea C – Roboți şi maşini păşitoare, cuprinzând roboți mecatronici, sisteme robotice mobile, maşini păşitoare;
- Secțiunea D – Proiectarea sistemelor mecatronice – a avut ca centre de greutate: modelarea şi identificarea; instrumente software; simularea în timp real şi hardware-in-the-loop;
- Secțiunea E – Controlul automat al sistemelor mecatronice, s-a concentrat asupra metodelor de control, a controlului mişcării şi vibrațiilor şi a sistemelor mecatronice pentru detectarea şi diagnosticarea erorilor.

Fără îndoială că pot fi luate în considerare multiple criterii pentru clasificarea sistemelor mecatronice, iar câteva dintre cele mai interesante, vor fi prezentate în continuare.

Prin adăugarea şi integrarea componentelor electronice şi de comandă cu sisteme de calcul la/în aceste structuri mecanice se obțin sisteme mecatronice corespunzătoare, care pot fi clasificate în: componente mecatronice; maşini mecatronice; vehicule mecatronice; mecatronică de precizie; micro-mecatronică.

O altă clasificare (Figura 2.3), propusă în [10], împarte sistemele mecatronice în: sisteme mecatronice convenționale; sisteme micromecatronice; sisteme nanomecatronice.

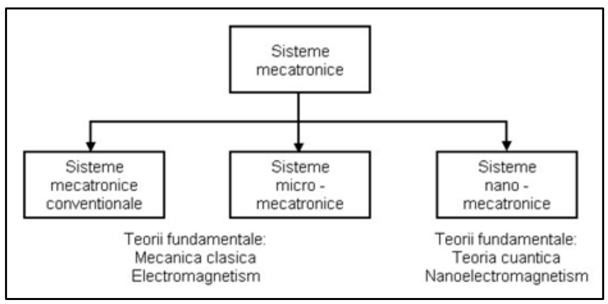


Figura 2.3: Variantă de clasificare a sistemelor mecatronice [10]

Presupunând că prima categorie acoperă primele patru grupe ale clasificării prezentate mai sus, se observă că în această a doua clasificare apare o clasă nouă de sisteme mecatronice, respectiv sistemele nanomecatronice. Dacă principiile de operare şi teoriile fundamentale sunt aceleaşi pentru sistemele mecatronice convenționale şi sistemele micromecatronice, respectiv mecanica clasică şi electromagnetismul, sistemele nanomecatronice sunt studiate cu ajutorul unor concepte şi teorii diferite, cum ar fi mecanica cuantică şi nanoelectromecanica.

O a treia clasificare prezentată în acest paragraf [7,11], analizează sistemele mecatronice din punct de vedere al caracteristicilor lor comportamentale, şi le împarte în: sisteme mecatronice automate; sisteme mecatronice inteligente; rețele mecatronice inteligente.

Sistemele mecatronice automate sunt capabile să manevreze materiale şi energie, comunicând cu mediul înconjurător şi au capacitatea de auto-reglare, care le permite să reacționeze la schimbări previzibile ale mediului într-un mod programat anterior.

Sistemele mecatronice inteligente sunt capabile să realizeze un scop impus în condiții de incertitudine. Spre deosebire de sistemele automate, care sunt programate pentru a se comporta într-un mod dorit şi sunt, în consecință, previzibile, sistemele inteligente pot atinge un scop specificat într-un mod imprevizibil.

O nouă şi interesantă grupă propusă în [7] este cea a unor rețele de sisteme inteligente, interconectate mutual, sau *rețele mecatronice inteligente*. Aceste rețele sunt capabile să decidă asupra comportamentului lor prin negocieri între unitățile componente autonome (nodurile rețelei).

O ultimă clasificare ar putea avea la bază domeniile în care sunt utilizate sistemele mecatronice. S-ar regăsi, grupate după un alt criteriu – cel al domeniului de utilizare – multe dintre sistemele mecatronice care au fost menționate cu ocazia prezentării criteriilor de clasificare precedente.

Structura hardware şi structura software a sistemelor mecatronice

Un sistem mecatronic, ca maşină inteligentă, e formată din trei subsisteme de bază (Figura 2.4). Granița dintre funcțiile acestor subsisteme fiind imposibil de trasat, aceste funcții nu sunt neapărat îndeplinite de către componente fizice diferite.

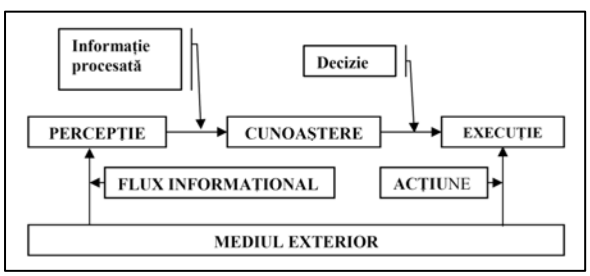


Figura 2.4: Subsistemele de bază ale unei maşini inteligente

În primul rând, o maşină inteligentă trebuie să aibă atât proprietăți senzoriale, precum şi capacitatea de a interpreta senzațiile. Prin urmare, primul subsistem al unei maşini dotate cu inteligență trebuie să fie cel de *percepție*, responsabil de colectarea, stocarea, procesarea şi distribuirea informației privind starea maşinii şi a mediului său exterior. Funcția de percepție este realizată prin intermediul senzorilor şi *traductoarelor* precum şi a *sistemelor de achiziții de date.* Unii senzori conțin, ca parte integrantă a lor, sistemele de condiționare a semnalelor sau chiar microprocesoare pentru a realiza diferite *funcții inteligente chiar la nivel de senzor.*

Dezvoltarea rapidă a microelectronicii, micromecanicii, a opticii integrate şi a altor tehnologii de nivel înalt a permis *miniaturizarea elementelor de senzori* (numiți „microsenzori"), precum şi *integrarea fizică* a mai multor funcții şi elemente de procesare de semnal pe acelaşi substrat. Acestea constituie componentele *microsistemelor*, adică acele sisteme care au cel puțin o componentă realizată prin una dintre microtehnologiile cunoscute, mai multe funcții fiind îndeplinite pe un spațiu fizic redus. Tendința recentă fiind aceea ca un număr cât mai mare de elemente să fie încorporate într-un singur corp, s-au construit senzori inteligenți care conțin alți senzori, cuplați împreună, pentru a se măsura cât mai multe mărimi fizice diferite [11].

Al doilea subsistem este cel care realizează funcția de *cunoaştere*, care constă în evaluarea informațiilor preluate prin percepție şi luarea unor decizii în vederea planificării acțiunilor maşinii. Componenta fizică cu rol esențial în acest proces este *controlerul (micropocesorul)*.

Subsistemul de execuție, cel de-al treilea subsistem al unei maşini inteligente, răspunde de inițierea, controlul şi încheierea acțiunilor maşinii, pe baza informației primite de la celelalte două subsisteme. Elementele fizice prin intermediul cărora se realizează funcția de execuție sunt *actuatorii*.

În general un sistem mecatronic cuprinde două componente principale: sistemul controlat şi sistemul de control, Figura 2.5.

Sistemul controlat este constituit din totalitatea proceselor mecanice cu care sistemul mecatronic vine în contact nemijlocit prin intermediul senzorilor şi a actuatorilor. Actuatorii sunt sisteme complexe care transformă diverse forme de energie în energie mecanică.

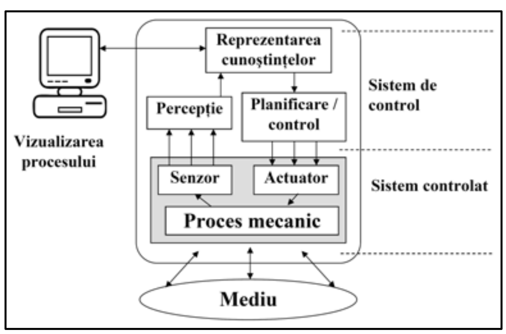


Figura 2.5: Componentele sistemului mecatronic

Sistemul de control diferențiază sistemul mecatronic de oricare alt sistem tehnic şi este constituit din trei subsisteme distincte: subsistemul de percepție, subsistemul de cunoaştere şi subsistemul de planificare şi control. Astfel, pe baza informației primite prin senzori (subsistemul de percepție), se prelucrează în microprocesoare, în rețele artificiale neuronale (subsistemul de cunoaştere) un răspuns adecvat care este transmis la subsistemul de planificare şi control. Acest

subsistem, prin intermediul actuatorilor, pune în aplicație acțiunile adecvate asupra sistemului mecanic (deplasări, modificări de poziție, apucare de piese, etc.).

SISTEM DE ACTIONARE IN MECATRONICA

Structura unui sistem de acționare al unui sistem mecatronic, cât şi locul actuatorului în cadrul acestuia se prezintă în Figura 3.2, iar materializarea funcției actuatorului, considerat ca o componentă hardware a sistemului mecatronic este reprezentată în Figura 3.3.

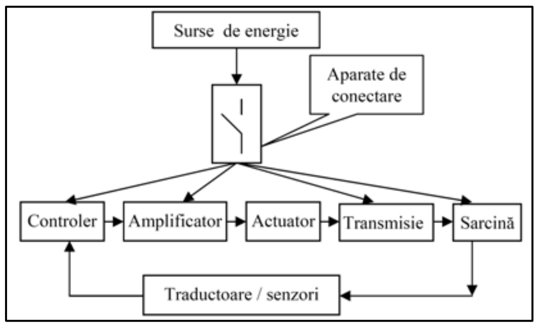


Figura 3.2: Structura unui sistem de acționare mecatronic

În cadrul sistemului de acționare mecatronic fiecare element component realizează o anumită funcție specifică:

- *sursele de energie* asigură fluxul energetic necesar funcționării fiecărui modul al sistemului;
- *aparatele de conectare* asigură conectarea şi deconectarea modulelor la sursele de energie;
- *controlerul* compară parametrii curenți ai mişcării cu cei impuşi şi realizează corecturile necesare;
- *amplificatorul de putere* amplifică semnalul corectat într-un semnal de intrare (moment, forță, viteză) pentru sistemul mecanic reprezentat prin transmisie şi sarcină;
- *transmisia* are rolul de a adapta parametrii actuatorului cu cei ai sarcinii. În unele aplicații acest modul poate lipsi şi atunci se vorbeşte despre *acționare directă*;
- *traductoarele/senzorii* asigură conversia informațiilor interne şi externe sistemului privind starea acestuia în informații necesare controlerului.

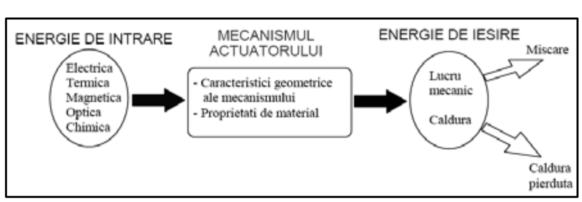


Figura 3.3: Reprezentarea schematică a funcţiei unui actuator

Principalele caracteristici de performanţă ale actuatorilor sunt: *cursa specifică* (raportul dintre cursa maximă şi lungimea actuatorului măsurată pe direcția cursei); *forța specifică* (raportul dintre forța maximă generată şi secțiunea transversală a actuatorului); *densitatea* (raportul dintre greutatea actuatorului şi volumul acestuia în forma inițială); *eficiența* (lucrul mecanic produs în timpul unui ciclu complet, raportat la energia consumată în acel ciclu); *rezoluția* (cea mai mică deplasare controlată posibilă); *puterea volumetrică* (puterea la ieşire raportată la volumul minim al actuatorului); *coeficientul cursei de lucru* (raportul dintre cursa specifică şi forța specifică); *coeficientul de putere pe ciclu* (puterea maximă dezvoltată pe parcursul unui ciclu).

ACTUATORI PNEUMATICI

Problematica acționării pneumatice a sistemelor mecatronice este similară acționării hidraulice, mai ales în ceea ce priveşte principiile constructive şi funcţionale ale elementelor componente: motoare şi actuatori, aparatura de distribuție şi de comandă, etc.

Dintre principalele avantaje ale utilizării acționărilor pneumatice menționăm: simplitate constructivă, elemente componente tipizate şi miniaturizate, viteze de deplasare mari, comoditatea conectării la rețelele de aer comprimat, elasticitatea acționării şi, în special, a strângerii, absolut indispensabilă în anumite situații de manipulare, etc.

Problemele specifice care apar la acționarea pneumatică sunt legate de poziționare, de reglarea vitezelor, de frânări şi de blocarea în poziția programată. Toate aceste probleme apar ca

urmare a rigidității scăzute (elasticității) aerului, a fluidității deosebite a acestuia şi a presiunilor uzuale reduse (4-8 bari). Pentru utilizarea actuatorilor pneumatici în cadrul sistemelor mecatronice se impun structuri şi soluții specifice ce vor fi prezentate, principial, în cele ce urmează.

Structural un sistem pneumatic este un ansamblu coerent de elemente pneumatice şi mecanice care realizează, prin intermediul actuatorilor (elementelor de execuţie – motoarelor pneumatice), o succesiune de mişcări după o lege prestabilită, punând astfel în funcţiune, în mod interdependent, diferite organe de lucru ce efectuează operații mecanice.

De fapt, privind acest sistem dintr-un alt unghi, obținem definiția unui utilaj sau a unei lini de fabricaţie acţionată şi (eventual) comandată pneumatic.

Un sistem pneumatic poate fi considerat un bloc prevăzut cu intrări şi ieşiri (Figura 3.25); intrările sunt comenzile şi alimentarea cu energie, iar ieşirile sunt reprezentate de mişcările actuatorilor. Această abordare a sistemului pneumatic ne va uşura, mai târziu, tratarea unor aspecte importante ale proiectării schemelor pneumatice.

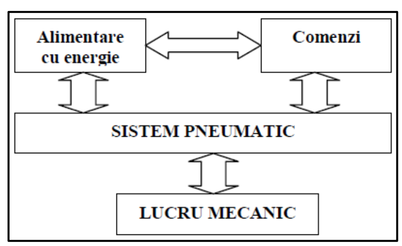


Figura 3.25: Structura bloc a unui sistem pneumatic

Un astfel de sistem pneumatic conţine şapte tipuri de elemente interconectate astfel încât să realizeze funcţiile cerute de utilizator (Figura 3.26):

1. *Elemente care asigură alimentarea* instalației cu energie la parametrii ceruți de sistem.
2. *Elementele de comandă*, care permit dialogul om-maşină: comenzi de pornire-oprire, selectare pentru diferite funcţii sau moduri de lucru, etc. De obicei, toate aceste elemente sunt grupate într-un panou (tablou) de comandă, separat sau alipit instalației.
3. *Elementele de procesare* sunt echipamentele care asigură procesarea (interpretarea şi reglarea) semnalelor primite în instalație: atât a celor de comandă, provenite de la tabloul de comandă, cât şi a celor de reacţie, care sunt de obicei semnale de confirmare a efectuării unor secvenţe de mişcare. Elementele de procesare prelucrează toate aceste semnale fie unitar, fie în anumite combinații, realizând diferite funcţii logice: DA, NU, ŞI, SAU, NON ŞI, temporizare, memorie, etc.

4. *Elementele de comandă finală* sunt echipamente de distribuire a energiei pneumatice şi reprezintă etajul din care semnalele de comandă sunt transmise direct elementelor de execuție (motoare liniare, rotative, oscilante, unități de vidare, etc.).
5. *Elemente de execuție* (actuatorilor) sunt echipamente care convertesc energia de presiune a agentului de lucru în energie mecanică pentru efectuarea de lucru mecanic. Pot fi numite şi convertoare pneumo - mecanice.
6. *Elementele de transmitere a semnalelor în instalație;* acestea sunt fitingurile şi conductele pentru energia pneumatică, conductorii electrici pentru energia electrică.
7. *Matricea mecanică,* este ansamblul de piese şi elemente mecanice care servesc drept suport (batiul), elemente de fixare (bride, articulații) pentru echipamentele pneumatice, elemente care asigură legăturile cinematice între actuatori şi organele de lucru ale sistemului (tije, pârghii, arbori, roți dințate, curele de transmisie, în general transmisii mecanice).

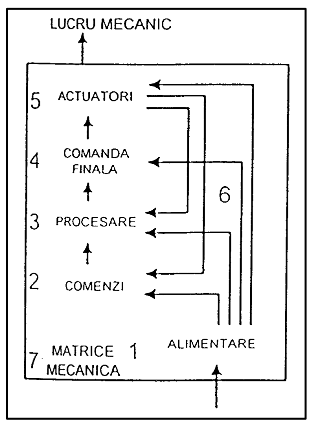


Figura 3.26: Elementele interconectate ale unui sistem pneumatic

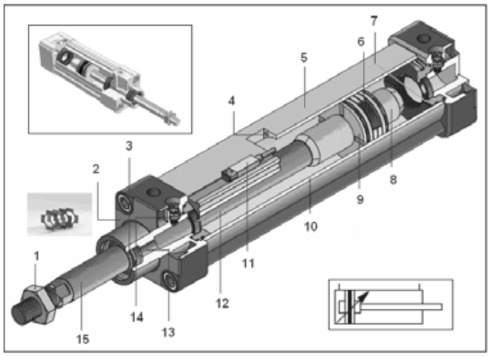
Elementele de acționare utilizate în sistemele pneumatice pentru transformarea energiei aerului comprimat în lucru mecanic util, pot dezvolta la ieşire o mişcare de translație alternativă, o mişcare de rotație alternativă pe un unghi limitat sau o mişcare de rotație continuă.

Pentru obținerea mişcării de rotație se folosesc actuatorii liniari, realizaţi sub formă de cilindri cu piston (Figura 3.27) sau, mai rar, cu membrană. Mişcarea de rotație alternativă este produsă de actuatorii rotativi cu paletă sau cu cremalieră şi pinion, în timp ce rotația continuă este produsă de motoarele cu aer, similare cu motoarele electrice.

Sistemele mecatronice cu acționare pneumatică utilizează mai rar actuatori pneumatici standard datorită unor dezavantaje dintre care menționăm: dificultate în poziționarea precisă a tijei; tendința de rotire în jurul propriei axe a tijei; rigiditate scăzută a tijei cilindrului, etc.

Eliminarea dezavantajelor precizate este posibilă prin utilizarea în locul cilindrilor pneumatici standard a actuatorilor pneumatici speciali, din categoria cărora amintim doar cilindrii

pneumatici cu tijă blocabilă (Figura 3.28) şi unităţile de translaţie cu sanie acţionate pneumatic (Figura 3.29).



1 – piuliţă; 2 – capac anterior; 3 – sistem de ghidare a tijei pistonului; 4 – orificiu interior pentru alimentare cu aer; 5 – strat exterior anticoroziv; 6 – piston prevăzut cu magneţi pentru acţionarea senzorilor de proximitate montaţi pe cilindru; 7 – garnitura sistemului de frânare la capăt de cursă; 8 – piston suplimentar pentru frânare la capăt de cursă; 9 – garnituri de ghidare ale pistonului; 10 – cilindru; 11 – senzor de proximitate; 12 – garnitura pentru etanşarea tijei pistonului; 13 – bucşă de ghidare cu autolubrifiere; 14 – drosel pentru reglarea vitezei de frânare; 15 – tija pistonului.

Figura 3.27: Construcţia cilindrului pneumatic standard cu frânare la capăt de cursă

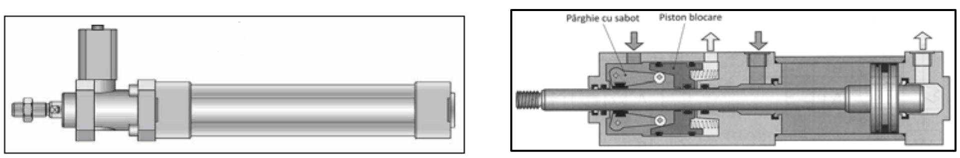


Figura 3.28: Actuatori pneumatici cu tija blocabilă

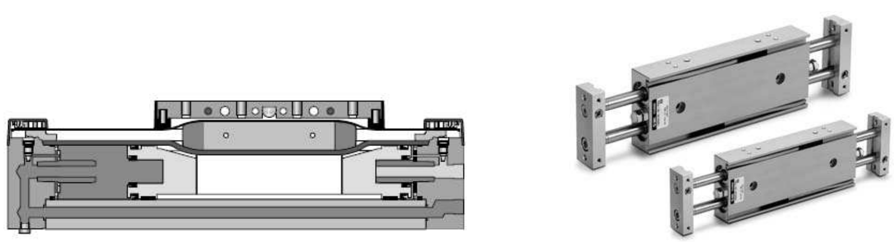


Figura 3.29: Unităţi de translaţie pneumatice

În cadrul sistemelor mecatronice actuatorii pneumatici sunt foarte mult utilizaţi ca elemente integrate în componenţa unor dispozitive cu utilizare destinată, cum ar fi: graiferele, cilindrii „stopper”, mecanisme pentru prindere, poziţionare, selectare, etc.

Alături de pneumatica digitală tradițională, bazată pe componente cu funcționare discretă, în ultima perioadă s-a dezvoltat o nouă direcție - pneumatica proporțională - ce utilizează echipamente specifice şi tehnici de control analogice sau cu semnale modulate, similar ca în cazul acționărilor hidraulice. Dezvoltarea actuatorilor pneumatici proporționali a fost puternic impulsionată de realizările din domeniul electronicii şi tehnicii de calcul. Acestea au făcut posibilă implementarea de noi tipuri de senzori şi elemente de interfață, ce pot satisface exigențele actuale referitoare la precizie, sensibilitate, timp de răspuns, etc.

Controlul unui parametru funcțional printr-un semnal electric deschide noi perspective echipamentelor pneumatice proporționale (Figura 3.30).

În cadrul multor sisteme mecatronice se utilizează actuatori pneumohidraulici în cadrul cărora se utilizează energia aerului comprimat pentru generarea mişcării, şi un circuit hidraulic pentru controlul vitezei sau poziției.

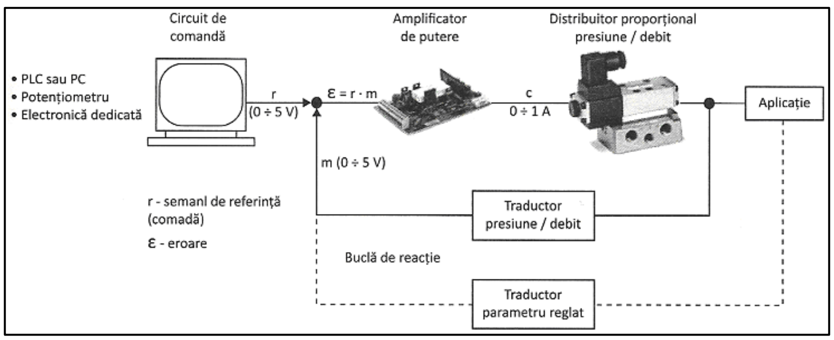


Figura 3.30: Configurația generală pentru un sistem de reglare pneumatic cu distribuitor proporțional cu 5 orificii

INTEGRAREA ACTUATORILOR ÎN CADRUL SISTEMELOR MECATRONICE

Automatizarea industrială modernă se bazează pe câteva principii noi, cum ar fi: modularitate, flexibilitate, comunicație în rețea, toleranță la defecte.

Mecatronica a particularizat aceste principii prin: sisteme integrate, cu preluarea unor funcții mecanice de către electronică şi software; precizie realizată prin măsurare şi bucle de reacție; construcție elastică şi uşoară; utilizarea magistralelor, de exemplu CAN-Bus; mişcare programată; calculul şi reglarea mărimilor care nu pot fi măsurate; supraveghere prin diagnoza erorilor.

Mecatronica are la bază principiile ingineriei concurente, impunând, încă din momentul demarării proiectării unui produs, munca într-o echipă, care include atât ingineri de diferite specializări, cât şi reprezentanți ai compartimentelor de fabricație, marketing, din domeniul financiar etc. Colaborarea permanentă pe parcursul proiectării este esențială, întrucât sistemul mecanic influențează sistemul electronic, şi invers, sistemul electronic are un rol important în proiectarea unei structuri mecanice adecvate. Obținerea efectelor sinergetice poate fi realizată numai prin inginerie simultană (Figura 3.36).

Una dintre cele mai provocatoare probleme în proiectarea şi realizarea sistemelor mecatronice este aceea a elaborării şi realizării arhitecturii sistemului, respectiv a alegerii componentelor hardware (actuatori, senzori, electronică de putere, circuite integrate microcontrollere, etc.) şi a modulelor software (algoritmii pentru realizarea percepției şi controlului, fluxul de informație şi achiziția datelor, simularea, vizualizarea şi prototiparea virtuală).

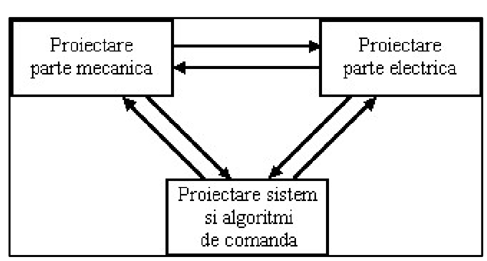


Figura 3.36: Modelul proiectării simultane (concurente)

Toate acestea presupun asigurarea integrării tuturor elementelor componente ale sistemului mecatronic, integrare realizată atât prin integrarea spațială (realizată prin întrepătrunderea constructivă a subsistemelor mecanice, electronice şi de comandă), respectiv prin integrare funcțională (asigurată prin software).

Vor fi prezentate şi comentate în continuare două exemple de integrare a actuatorilor în cadrul sistemelor mecatronice cu punerea în evidență a considerațiilor exprimate anterior.

Acționare în logică programată a unui actuator pneumatic standard

În figura 3.37 se prezintă schemele de alimentare şi de comandă ale unui actuator pneumatic liniar. Actuatorul pneumatic este în fapt un cilindru pneumatic standard, cu dublu efect, cu tijă unilaterală, cu frânare reglabilă la ambele capete de cursă ale pistonului, cu piston cu magnet permanent, respectiv dotat cu doi senzori de proximitate magnetici (REED) - 1B1 şi 1B2, prin intermediul cărora se stabilesc pozițiile între care se poate deplasa pistonul.

Ciclograma de lucru a cilindrului pneumatic prevede ca acesta, între capetele de cursă materializate cu cei doi senzori, să realizeze în regim automat o mişcare rectilinie alternativă cu repetare la infinit. Pentru cursele de extensie (activă), respectiv de retragere (pasivă), vitezele pistonului, independent, pot fi reglate la valori prestabilite cu ajutorul a două drosele de cale cu supape de ocolire (1V2 şi 1V3) montate pe traseele de alimentare cu aer comprimat ale cilindrului pneumatic.

Alimentarea pentru cele două faze ale ciclului de lucru se realizează cu ajutorul distribuitorului electropneumatic 5/2, 1V1. Reglarea valorii forței pe care trebuie să o dezvolte tija pistonului se realizează cu ajutorul regulatorului de presiune încorporat în unitatea FR.

Comanda ciclului de lucru al actuatorului pneumatic se realizează cu ajutorul unui PLC a cărui schemă electrică este prezentată în Figura 3.37. Semnalele electrice discrete preluate de modulul de intrare al PLC-ului, respectiv semnalele electrice emise de PLC prin modulul de ieşire se prezintă în Figura 3.38.

Pornirea ciclului automat al actuatorului pneumatic se realizează prin comanda manuală a întrerupătorului ND, fără reținere, 1S1. Oprirea ciclului automat se realizează similar, şi presupune acționarea manuală a întrerupătorului NÎ, fără reținere 1S2.

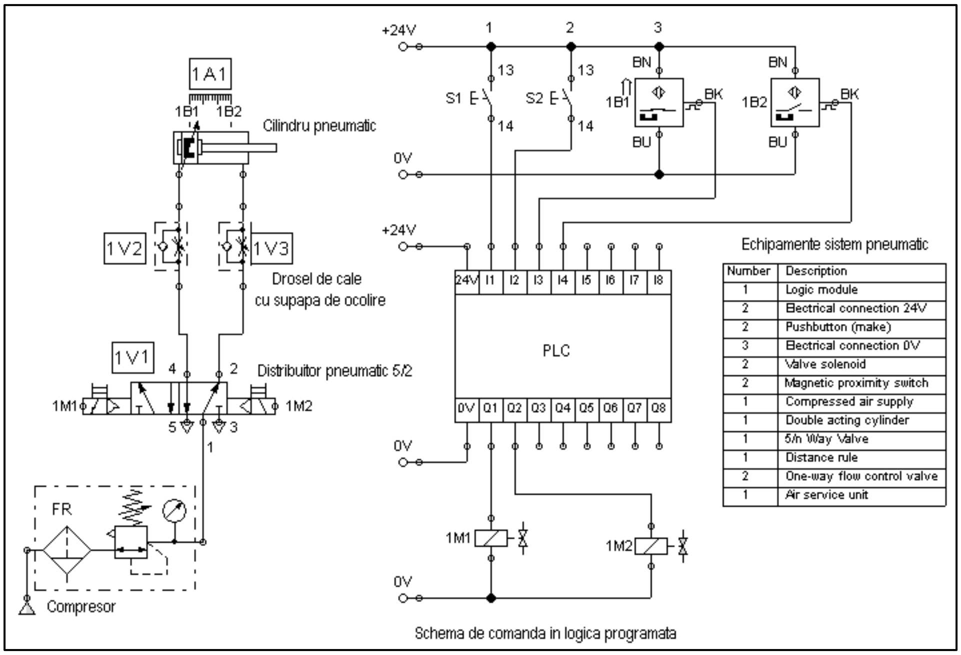


Figura 3.37: Schemele de alimentare şi comandă automată cu PLC ale unui actuator pneumatic

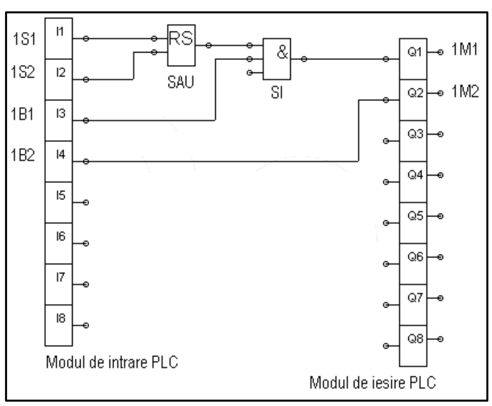


Figura 3.37: Schemele de alimentare şi comandă automată cu PLC ale unui actuator pneumatic

În cazul integrării actuatorului pneumatic într-o acționare mecatronică, comenzile manuale ale întrerupătoarelor 1S1, respectiv 1S2, pot fi înlocuite cu comenzi ale blocului de comandă şi control ale sistemului de conducere al sistemului mecatronic.

Acționare în logică programată a unui actuator huidraulic standard

Deşi în principiu actuatorul hidraulic din Figura 3.39 este similar funcțional cu cel pneumatic prezentat în paragraful anterior, el este din punct de vedere constructiv mult simplificat (nu are frânare la capete de cursă şi nu are facilități pentru senzori magnetici), dar poate realiza o ciclogramă de lucru mult mai complexă şi flexibilă datorită alimentării cu ajutorul servovalvei 1V (vezi diagrama semnalelor din Figura 3.39).

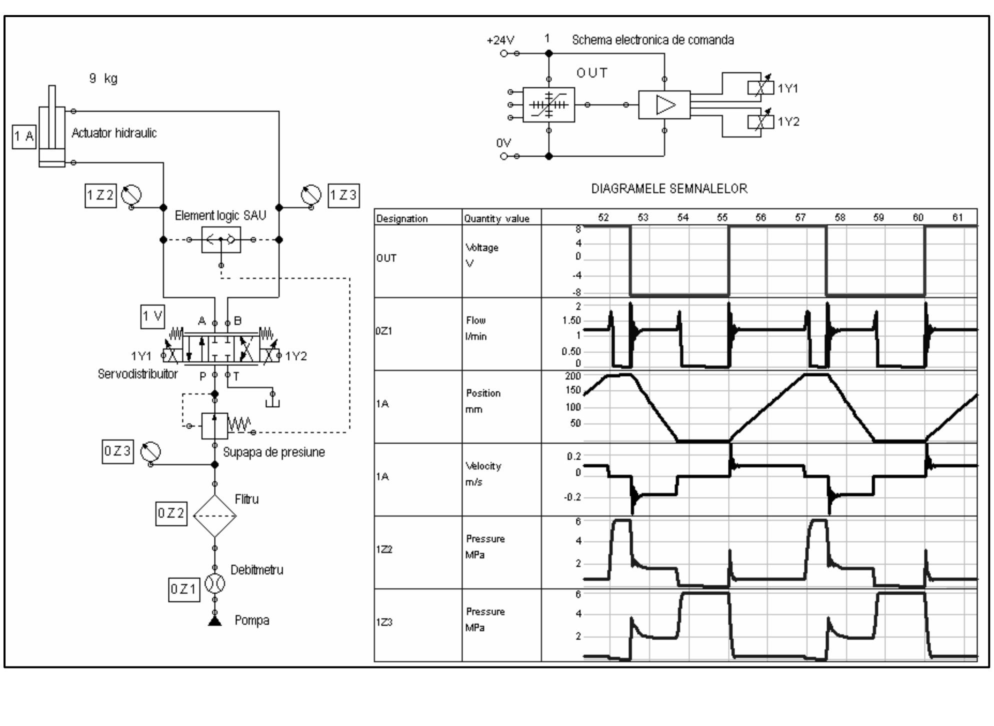


Figura 3.39: **Schemele de alimentare şi comandă automată ale unui actuator hidraulic cu ajutorul servoelementelor hidarulice**

Posibilitatea modificării continue a debitului de alimentare a actuatorului hidraulic, permite obținerea unei diagrame a curselor de lucru, respectiv ale vitezelor acestora, în limite foarte mari doar prin furnizarea semnalului electric de comandă analogic corespunzător.

Capetele de cursă ale actuatorului hidraulic (care trebuie să dezvolte pentru cursa activă o forță minimă determinată de valoarea sarcinii utile - în cazul nostru pentru deplasarea masei de 9 kg) sunt stabilite funcțional cu ajutorul supapei de presiune pilotate şi comandată prin intermediul elementului logic SAU.

Metode de programare şi conducere ale sistemelor mecatronice

Introducere în problematica sistemelor de conducere

Procesele industriale automatizate reprezintă în momentul de față punctul de intersecție al rezultatelor de vârf într-o serie de domenii: mecanică, automatică, electronică, calculatoare şi sisteme de acționare. Aceasta congruență a unor ramuri ştiințifice şi tehnologice atât de diferite se explică prin complexitatea deosebită a instalațiilor şi a proceselor, atât sub raportul arhitecturii electro-mecanice, cât şi în ceea ce priveste sistemul de conducere.

În acest context, apare evidentă complexitatea problemelor privind atât construcția şi acționarea unor astfel de procese şi instalații cât şi, în special, conducerea lor.

Sistemul de conducere - sistem ierarhic: Structura de conducere a unui proces industrial automatizat este o structură ierarhică. Acest principiu de conducere este datorat complexității deosebite a sistemelor şi a dificultăților create de sarcinile de operare impuse.

Organizarea ierarhică a sistemelor de control este de tip vertical, fiecare nivel ierarhic acoperind nivelul inferior sub raportul problemelor de conducere abordate.

Nivelul ierarhic superior îl reprezintă operatorul uman. Acesta comunică cu sistemul de conducere sub diverse moduri, intervenind periodic numai în cazul schimbării unor direcții strategice de conducere, situații de avarie sau în cazul apariției unor perturbații externe neprevazute.

Sistemul de conducere propriu-zis cuprinde mai multe nivele ierarhice. Nivelul cel mai înalt corespunde sistemelor ce au posibilitatea recunoaşterii avariilor şi obstacolelor în spațiul de operare şi permite luarea unor decizii adecvate la schimbarea condițiilor de lucru. Nivelul imediat inferior este denumit nivel strategic în care se produce defalcarea operației preconizate în operații elementare. Nivelul următor este denumit nivel tactic, în el producându-se distribuirea sarcinilor elementare pentru fiecare subansamblu al instalației. Ultimul nivel, nivelul inferior, este nivelul executiv, acesta coordonând funcționarea diverselor sisteme de acționare asociate procesului de lucru propriu-zis.

Structura informațională şi implementările tehnologice ale sistemelor de conducere: Sarcinile care stau în fața unui sistem de conducere determină o împărțire a informațiilor de lucru în două clase, pe de o parte informații ce asigură regimul de mişcare dorit al instalației şi pe de altă parte informații ce acoperă funcția tehnologică impusă procesului industrial respectiv.

Deasemenea, complexitatea sistemului de conducere şi gradul de dificultate al operațiilor executate determină adoptarea unor tehnologii specifice de implementare a legilor de conducere.

Soluțiile oferite de majoritatea utilajelor automate industriale pot fi grupate în două clase: implementări în *logică cablată* şi implementări în *logică flexibilă (programată)*. Prima clasă este reprezentativă pentru acele tipuri de instalații şi utilaje care au sisteme de conducere cu cel mult două nivele ierarhice (inferioare), nivelul executiv si tactic. Tehnologic aceste sisteme sunt realizate în două variante: fluidic si electronic.

Soluțiile flexibile de conducere corespund cerințelor impuse de procesele industriale moderne. Ele oferă avantaje deosebite atât sub raportul performanțelor realizate cât şi în ceea ce priveşte complexitatea problemelor tratate şi simplitatea structurilor hardware utilizate. Practic, aceste sisteme sunt implementate în patru variante: cu logică flexibilă de tip microprogramat, cu automate programabile (varianta cea mai des întâlnită în industrie), microprocesoare si microcalculatoare.

Această eşalonare indică de fapt şi complexitatea soluțiilor adoptate, structurile microprogramate corespunzând unor legi de conducere simple iar conducerea cu microprocesoare şi microcalculatoare fiind specifică sistemelor complexe cu o comportare adaptivă față de schimbările mediului de operare [5].

Programarea în logică cablată

Deşi programatoarele electronice pătrund tot mai mult în aplicațiile industriale, având costuri tot mai scăzute şi performanțe tot mai ridicate, în aplicațiile simple releul de comutație este încă utilizat datorită costurilor scăzute şi performanțelor sale, încă satisfăcătoare.

Avantaje ale utilizării releelor:

- întreținere uşoară;
- viață lungă (raportată la numărul de comutări);
- posibilitatea de a comanda mai multe circuite independente;
- pot fi utilizate într-o plajă largă de tensiuni;
- au timp de comutare mic;
- pot comanda energii mari cu consumuri foarte mici ;
- oferă mai multe funcții (logice, de protecție) extrem de necesare în aplicațiile practice:

În circuitele cu programare în logică cablată releele sunt, în general, utilizate ca procesoare de semnal. Notarea bornelor acestora se face în conformitate cu notațiile generale adoptate la întrerupătoare şi comutatoare (1,3-COM, 2-NÎ, 4-ND). În plus la releu apare notarea bornelor (A_1, A_2) de alimentare a bobinei *K* (Figura 5.1):

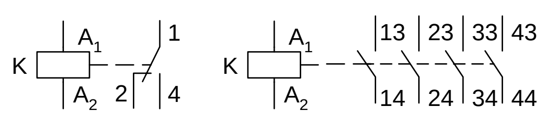


Fig. 5.1: Exemplu de notare a bornelor unor relee de comuta□ie

Funcționarea releului de comutație:

Când se aplică o tensiune bobinei 5 (*K*), prin bornele A_1 şi A_2, în miezul 7 apare un câmp magnetic care atrage armătura mobilă 3. În acest moment, contactul mobil aflat pe armătura 3 dezactivează contactul 1⟶2 şi activează contactul 1⟶4 (Figura 5.2).

Când bobina releului nu mai este alimentată câmpul magnetic dispare, armătura 3 este readusă în poziția inițială de resortul 6 şi se restabileşte configurația inițială a contactelor 1→2, 1→4.

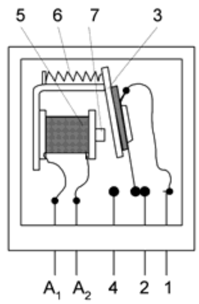




Fig. 5.2: Elementele componente ale unui releu de comutație; aspectul unui releu de comutație de uz general

Astfel de relee se utilizează pentru a comanda distribuitoare electro-pneumatice, motoare, elemente de avertizare în instalațiile industriale automate de complexitate mică şi care funcționează cu o secvență de automatizare rigidă. Trebuie precizat ca dacă se doreşte modificarea secvenței (a programului rigid) instalația electrică a maşinii respective trebuie refacută.

Comanda cilindrilor pneumatici utilizând relee de comutație: Comanda unui cilindru pneumatic cu dublu efect se poate face direct (alimentând solenoidul distribuitorului direct de la sursă, printr-un întrerupător) sau indirect (prin utilizarea unui releu de comutație). În cazul din Figura 5.3 schema de comutare a distribuitorului monostabil este 5/2. Comanda indirectă în acest caz, presupune că apăsarea tastei *S1* determină activarea releului *K1*; acesta comută şi determină alimentarea solenoidului *Y1* al distribuitorului, care comută la rândul său şi alimentează cilindrul.

Eliberarea tastei *S1* determină dezactivarea releului *K1*, iar contactul *K1* al acestuia deschide circuitul de alimentare al solenoidului, care revine în poziția inițială.

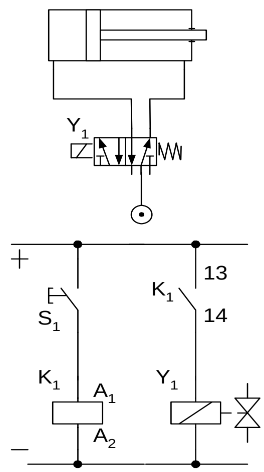


Fig. 5.3: Comanda indirect a unui cilindru pneumatic cu dublu efect, utilizând un releu de comutație

Un alt exemplu reprezentativ pentru utilizarea releelor în instalațiile industriale automatizate este dat de comanda unui cilindru (cu dublu efect) utilizând circuite cu automenținere având dominanta "OFF" (oprire):

Apăsând tasta *S1* (Figura 5.4) circuitul de alimentare al releului *K1* se închide prin calea de curent 1, acesta este alimentat şi comută. Aceasta determină închiderea întrerupătoarelor *K1* aflate în liniile de curent 2 şi 3.

După apăsare, tasta *S1* poate fi eliberată imediat, deoarece alimentarea releului se face prin calea de curent paralelă 2, a cărei închidere o comandă chiar releul. Deci releul îşi păstrează starea de activare prin *automenținere*.

Închiderea întrerupătorului *K1* din linia de curent 3 determină alimentarea solenoidului *Y1*, care comută distribuitorul.

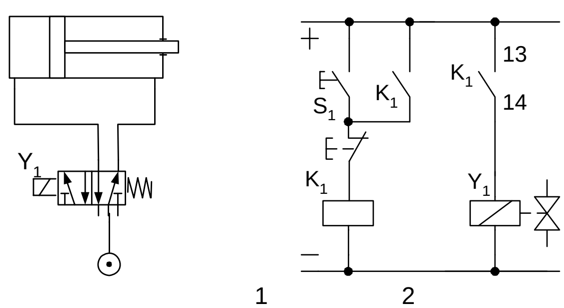


Fig. 5.4: Comanda unui cilindru pneumatic cu dublu efect, utilizând un circuit cu automenținere

Apăsând tasta întrerupătorului *S2*, aflat în aval de conexiunea între liniile de curent 1 şi 2, alimentarea releului *K1* este întreruptă, indiferent de starea întrerupătorului *S1* (chiar dacă acesta este activat). În acest caz spunem că circuitul este caracterizat de prezența dominantei "OFF" [15].

Trebuie menționat ca pe lângă releele simple de comutație se utilizează şi relee cu funcții speciale, cum ar fi releele de temporizare, numărătoarele electro-mecanice (relee de numărare), releele de presiune, temperatură, etc. Aceste categorii speciale permit extinderea schemei de automatizare dincolo de funcțiile logice de condiționare conducând la posibilitatea de realizare a unor automatizări complexe, dar totuşi rigide.

Programarea în logică programată

Introducere în problematica automatelor programabile: Un Automat Programabil = AP (sau PLC = Programable Logic Controller) este un controler secvențial care asigură producerea unor evenimente într-o succesiune dorită şi programată, prin unitatea sa de ieşire, pornind de la o reacție din sistemul controlat, prin unitatea sa de intrare.

În esență, un automat programabil este un calculator digital utilizat pentru automatizarea proceselor electromecanice şi electropneumatice, cum ar fi controlul maşinilor pe liniile de prelucrare, asamblare, al instalațiilor de îmbuteliere, sau a instalațiilor din parcurile de distracții. Spre deosebire de calculatoarele de uz general, AP sunt proiectate pentru intrări şi ieşiri multiple, game extinse de temperatură, imunitate la zgomot electric şi rezistență la vibrații şi impact.

Automatele programabile se prezintă în practică fie în construcție monobloc (o carcasă ce conține toate elementele hardware ale AP) fie în construcție modulară (module cu funcții diferite legate între ele printr-o magistrală de date). Diferențele de aspect între cele două tipuri constructive sunt prezentate în Figura 5.5.



Fig. 5.5: Automat programabil monobloc (Festo FC640) şi automat programabil modular (Siemens S7-300)

Automatele programabile se pot clasifica în trei mari categorii în funcție de modul şi posibilitățile de programre, după cum urmează:

- controlere cu logică cablată (sisteme cu ploturi, punți in/out, etc). Acestea implementează o secvență rigidă de operații, fără posibilități de adaptare la stări noi. Schimbarea logicii de control presupune schimbarea configurației hard şi refacerea cablării.
- controlere programabile logice algoritmice. Acestea implementează o maşină algoritmică de stare care evolueaza în timp pe baza unei secvențe de instrucțiuni salvată în memoria EPROM. Programarea se face la nivel de cod de procesor si este greoaie.

- controlere programabile logice vectoriale. Care implementează un microcalculator care este destinat controlului unei secvențe logice secvențiale sau combinaționale. Programarea se poate face simplu cu ajutorul unor aplicații specializate. Pentru deservirea unor procese de amploare mare se pot folosi aplicații complexe, bazate pe limbaje de programare de nivel înalt, modulare şi orientate pe obiecte.
-

Structura hardware a unui automat programabil: Partea principală a arhitecturii unui AP (Figura 5.6) este procesorul, de regulă cu frecvența de tact mai mică decât cele folosite la PC-uri. Are rolul de a interpreta programele utilizator, de a rezolva problemele de comunicare între diferitele module, şi de a monitoriza apariția eventualelor defecte interne.

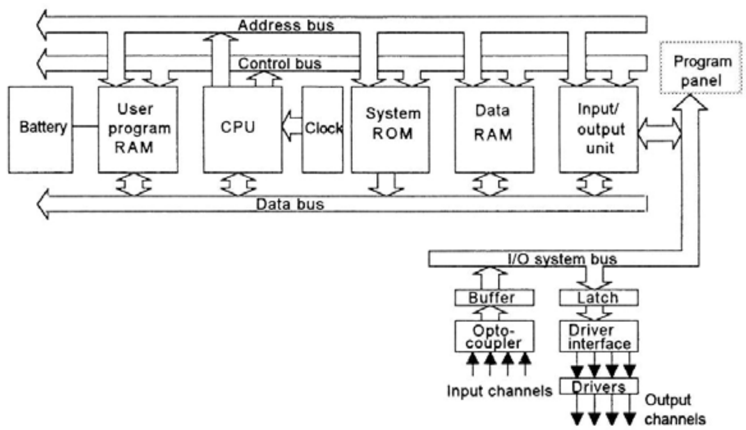


Fig. 5.6: Arhitectura hardware a aunui automat programabil

Modulele de porturi I/O (input/output, intrări/ieşiri) reprezintă interfața cu sistemul controlat (aici se conectează la AP senzorii şi traductoarele, respectiv actuatoarele şi elementele de avertizare). Toate semnalele de intrare şi ieşire sunt izolate galvanic de partea de procesare prin optocuploare. Fiecare port I/O are o adresa de memorie rezervată, permițând în acest fel monitorizarea tuturor porturilor I/O în mod circular continuu, aceasta fiind şi o particularitate importantă a funcționării programelor AP (Figura 5.7).

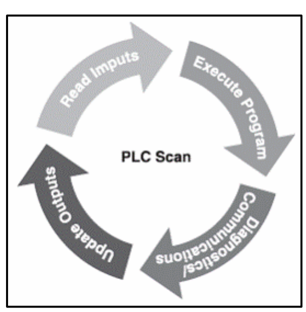


Fig. 5.7: Modul de funcționare al unui ciclu de scanare

Unitățile de memorie sunt utilizate la stocarea datelor şi a programelor care se folosesc în timpul lucrului:

- memorie ROM (Read-Only Momory) pentru stocarea permanentă a unor date de producător şi a sistemului de operare al PLC-ului;
- memorie RAM (Random-Access Memory) pentru programele utilizatorilor şi datele colectate pe porturi;
- memorii EPROM pentru programe de utilizator sau pentru date de folosință îndelungată, constante de programare, etc;

Programele pentru PLC şi datele de sistem pot fi stocate şi pe un PC obişnuit şi descărcate în PLC cu ajutorul rețelei sau a porturilor de comunicare ale acestuia (USB, Ethernet etc).

Metode standardizate de programare a automatelor programabile: Metodele de programare a automatelor programabile sunt cuprinse în standardul IEC 61131. Acest standard defineşte o multitudine de metode cu scopul de a veni în ajutorul celor care programează AP şi care sunt de formație profesională diferită (automatişti, electricieni/electronişti, informaticieni). Producătorii de AP implementează în mediul de programare pentru un automat de regulă cel puțin două dintre metodele prezente în standard şi suportă în general conversia programului dintr-o metodă în alta. Conform standardului amintit mai sus metodele de programare ale AP sunt următoarele:

LD (Ladder Diagram – Diagrama Scară) este un limbaj semigrafic, asemănător schemelor cu circuite cu relee şi contacte şi operează în principal cu variabile logice (boole);

FBD (Function Block Diagram – Diagrama cu Blocuri de Funcții) operează cu blocuri grafice interconectate, ce reprezintă atât operațiile logice simple cât şi funcții complexe.

ST (Structured Text – Text Structurat) care foloseşte instrucțiunile de atribuire, selecție şi control a subprogramelor cu o structură apropiată de limbajele de programare de nivel înalt;

IL (Instruction List – Lista de Instrucțiuni) cu structură asemanatoare cu limbajele de asamblare ale microprocesoarelor;

SFC (Sequential Function Chart – Grafic Secvențial de Funcții), este un limbaj grafic compus din etape si tranziții cu ajutorul cărora se pot organiza structuri de programe secvențiale şi paralele.

Metoda cu cea mai largă răspândire este LD, urmată de ST şi IL. În Figura 5.8 este prezentată o paralelă între diferitele moduri de realizare a programului (inclusiv în logică cablată) pentru funcțiile logice ”ŞI” respectiv ”SAU”.

Deasemenea, pe lângă metodele de programare, standardul mai defineşte şi tipurile de date elementare:

- Booleene, notate cu BOOL;
- Întregi, notate cu INT;
- Cuvinte (16 biți), notate cu WORD;
- Cuvinte duble (32 biți), notate cu DWORD;
- Reale (32 biți), notate cu REAL;
- Şiruri de caractere, notate cu STRING;
- Timp şi dată, notate cu TIME respectiv cu DATE.

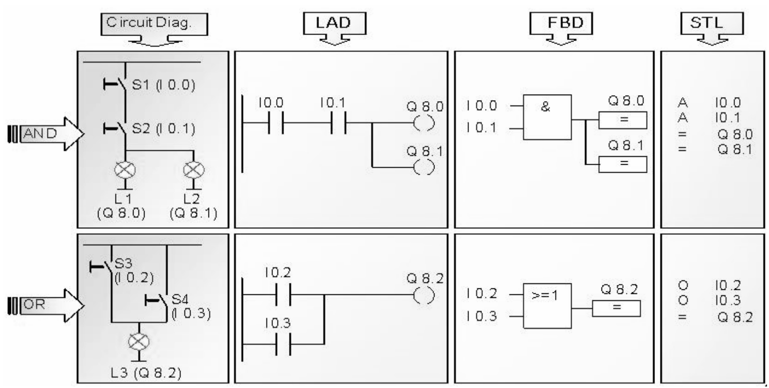


Fig.5.8: Funcțiile logice ”ŞI”, ”SAU” programate în diferite variante

Este permisă şi utilizarea de date de tip tablou (ARRAY) şi structură (STRUCT), precum şi derivate ale acestora.

Identificarea datelor se face utilizând atât adrese absolute (adresare directă) cât şi simbolice (adresare indirectă).

Adresarea directă utilizează denumirea zonei de memorie asociată pentru identificarea adresei. Denumirile zonelor de memorie pot cuprinde două prefixe. Primul prefix poate fi:

- I, pentru intrări;
- Q, pentru ieşiri;
- M, pentru variabilele interne.

Al doilea prefix poate fi:

- x, y, pentru variabilele de tip boolean. Valoarea x reprezintă octetul, iar valoarea y reprezintă bitul;

- B, pentru octet (Byte);
- W, pentru cuvânt (Word);
- D, pentru dublu cuvânt (Double word).

Exemplu:

- Ix.y, reprezintă o variabilă de intrare booleană reprezentând bitul y din octetul x (I0.2 – adresa asociată celui de-al treilea pin din primul modul de intrare);

- QBx, reprezintă o variabilă de ieşire booleană reprezentată de octetul x;

- MWx, reprezintă o variabilă internă booleană reprezentată de cuvântul x;

Adresarea indirectă utilizează identificatorii, care sunt şiruri de caractere alfanumerice, începând cu o literă, pentru identificarea adresei. În aceste cazuri este nevoie de editarea unei tabele de simboluri pentru a face legătura dintre adresa absolută şi cea indirectă [12].

Noțiuni de bază în alegerea şi proiectarea soluției de automatizare

Există mai mulți factori care concură la *alegerea tipului de automat programabil*.

- dacă aplicația este mai simplă, criteriul de alegere cel mai important este numărul de intrări şi ieşiri precum şi dimensiunea programului utilizator. La aplicațiile mai complexe, sunt luați în considerare şi timpii de răspuns precum şi dimensiunea memoriei care trebuie să înmagazineze un număr mare de date.
- la o maşină unealtă comandată de un automat programabil, numărul de intrări/ ieşiri, dimensiunea memoriei şi timpul de răspuns sunt parametrii definitorii de care se ține cont la alegerea automatului programabil.
- în cazul proceselor răspândite în mai multe locații este mult mai indicată alegerea unor module de intrare/ieşire distribuite decât a modulelor de intrare/ieşire dispuse pe automat. Această soluție duce la reducerea numărului de cabluri de legătură cu procesul, comunicația între modulele de intrare/ieşire şi unitatea centrală a automatului programabil făcându-se prin intermediul magistralei de comunicație pe un număr redus de fire.

Alegerea limbajului de programare depinde de utilizator şi de complexitatea algoritmului de conducere.

În cazul prelucrării datelor binare este recomandabil să se utilizeze limbajul LAD sau FBD, limbaje care sunt mult mai intuitive.

În cazul manipulării de variabile complexe şi adresări indirecte este indicat limbajul STL care este asemănător limbajelor de programare de nivel înalt şi permite procesarea unui volum mare de date.

Programul care cuprinde instrucțiunile necesare realizării sarcinii impuse prin tema de proiectare este recomandat a fi modular. Modulele de program pot fi: orientate către proces, caz în care, fiecare modul corespunde unei părți din proces sau maşini sau orientate funcțional, caz în care modulele corespund funcțiilor din proces, ca de exemplu: comunicare, mod de operare, etc.

După scriere, programul este testat. Testarea poate fi făcută pe un automat programabil virtual implementat chiar în mediul de progamare, sau în automatul programabil real, după încărcarea programului în memoria de programe a acestuia.

După testarea cu succes a programului acesta este încărcat în memoria EPROM şi apoi este generată documentația aferentă [15].

Figura 5.9 prezintă structura algoritmului de alegere şi implementare hardware a unei soluții de automatizare cu AP, pornind de la principiile enunțate mai sus.

Într-un program ce utilizează blocuri funcționale se pot utiliza 5 seturi de elemente:

- intrări: în funcție de tipul AP, acesta poate avea 4, 6 sau 12 intrări. Acestea pot fi atât intrări digitale cât şi analogice.
- **taste ale panoului frontal**: acestea permit introducerea datelor în zona de date a programului, deplasarea prin meniuri şi program, selectează opțiunile de programare sau pot fi folosite ca intrări suplimentare în timpul funcționării AP.
- **biții de memorie a sistemului**: aceştia por furniza valori predefinite ale semnalelor şi informații despre erorile din sistem.
- **ieşiri**: acestea sunt digitale şi permit comanda elementelor de comutare de tip releu sau tranzitor ce pot fi introduse în schemele electrice de comandă.
- **blocurile funcționale**: acestea sunt elementele de bază ale programului. Cu ajutorul lor informațiile primite de la intrări, taste ale panoului frontal şi biții de memorie sunt prelucrare fiind elaborate comenzile transmise la ieşirile AP.

Toate aceste elemente, alcătuind o diagramă bloc funcțională, trebuie să fie dispuse pe o **placă de bază** având intrările în stânga şi ieşirile în dreapta. Acest cadru mai poartă numele de zonă de conexiuni.

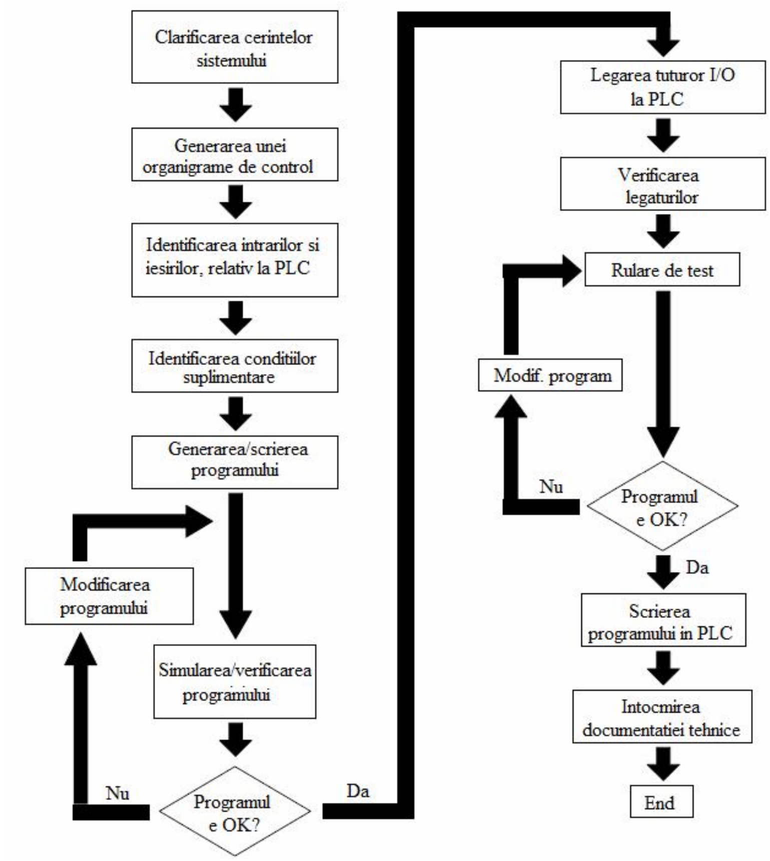


Fig. 5.9: Organigrama proiectării unei soluții de automatizare cu AP

Programul care cuprinde instrucțiunile necesare realizării sarcinii impuse prin tema de proiectare este recomandat a fi modular.

Modulele de program pot fi: orientate către proces, caz în care, fiecare modul corespunde unei părți din proces sau maşini, sau orientate funcțional, caz în care modulele corespund funcțiilor din proces, ca de exemplu: comunicare, mod de operare, etc.

După scriere, programul este testat. Testarea poate fi făcută pe un automat programabil virtual implementat chiar în mediul de programare, sau în automatul programabil real, după încărcarea programului în memoria de programe a acestuia.

După testarea cu succes a programului acesta este încărcat în memoria EPROM şi apoi este generată documentația aferentă.

AUTOMATELE PROGRAMABILE ALLEN-BRADLEY

Vor fi prezentate pricipalele caracteristici ale automatelor programabile produse de firma Allen Bradley, întrucât aceste tipuri de automate sunt recunoscute pentru performanțele şi fiabilitatea lor, ocupând un important segment de piață în domeniul sistemelor de control industrial.

Structura şi programarea acestor automate va fi prezentată în mod particular pentru modelul SLC500, de uz didactic, principalele caracteristici fiind însă comune tuturor automatelor produse de firma Allen Bradley [Allen-Bradley, 1992].

Automatul SLC500 prezintă o structură standard de automat programabil, cu mențiunea că modulele de intrare-ieşire au în componență, în general 16 circuite de intrare sau de ieşire, mai multe module putând fi montate pe rack-uri având un număr standard de sloturi, 4, 6 sau 10 module putând fi ataşate unității centrale.
Sloturile sunt numerotate, slotul 0 fiind întotdeauna rezervat unității centrale, celelalte fiind atribuite modulelor de intrare / ieşire. Numărul slotului este important pentru adresarea corectă a intrărilor şi ieşirilor.

Automatul dispune de o interfață serială de tip RS-232 prin care poate fi cuplat la un calculator personal şi o interfață de tip RS-485 prin care pot legate mai multe automate într-o rețea de automate.

Editarea programelor se face cu ajutorul calculatorului personal, prin intermediul unui mediu de programare integrat care permite şi transferul programului în memoria automatului, de unde va putea rula. Programarea se face prin metoda Ladder Diagram, realizarea unui program necesitând cunoaşterea organizării memoriei acestui tip de automat.

Organizarea memoriei şi moduri de adresare

La baza adresării si organizării memoriei stă noțiunea de file (fişier). Memoria este împărțită în fişiere, care sunt de 2 tipuri:

- fişiere program
- fişiere de date

Fiecare program creat pentru acest automat are asociat atât fişiere program, cât şi fişiere de date.

Fişierele program sunt numerotate si pot fi maxim 256. Implicit sunt create doar 3 fişiere program şi anume:

- fişierul 0 ce cuprinde informații referitoare la configurația hardware a automatului
- fişierul 1 este rezervat
- fişierul 2 conține diagrama Ladder realizată de către utilizator

Celelate posibile fişiere program sunt create numai în situația în care utilizatorul foloseşte subrutine.

Fişierele de date conțin informații asociate cu intrările şi ieşirile (externe) precum şi cu toate celelalte instrucțiuni care compun diagram Ladder. În plus, ele mai conțin informații cu privire la operațiile procesorului. Fişierele de date sunt numerotate şi pot fi maxim 256. Implicit sunt create primele 10 fişiere.

Structura acestor fişiere de date este prezentată mai jos:

0: Imagine ieşiri : conține valorile intrărilor în format binar
1: Imagine intrări : conține valorile ieşirilor în format binar
2: Stare : conține informații de stare
3: Bit : utilizat pentru variabile booleene
4: Timer : utilizat în instrucțiuni de timer
5: Counter : utilizat în instrucțiuni de counter
6: Control: utilizat în instrucțiuni de stivă, shiftare, secvențiere etc.
7: Întregi : folosit pentru memorarea operanzilor de tip Integer
8: Rezervat
9: Folosit în rețea
10 - 255 : pot fi create de utilizator atunci când fişierele create implicit nu sunt suficiente şi pot fi de tipul Bit, Timer, Counter, Control sau Integer.

În scopul adresării, diferența între fişierele menționate mai sus se face folosid un indicator de fişier (o literă) şi un număr ai fişierului. Modul de alocare al identificatorului pentru fiecare tip de fişier este următorul:

Tabel 3 1 Adresarea filierelor de date

Tip fişier	Identificator	Număr fişier
a-pentru fişierele predefinite		
Output	0 0	
Input	I	1
Stare	S	2
Bit	B	3
Timer	T	4
Counter	C	5
Control	R	6
Integer	N	7
b-pentru fişierele definite de ulitlizator		
Bit	B	9-255 fişiere adiționale
Timer	T	
Counter	C	
Control	R	
Integer	N	

Fişierele de date conţin elemente. Elementele pot fi de 1 cuvânt sau de 3 cuvinte. Un cuvânt are 16 biți. În consecința este necesară adresarea la nivel de :

I) element
II) cuvânt
III) bit

In cele ce urmează va fi exemplificat fiecare din cele trei tipuri de adresare :

- Adresarea la nivel de element: N7:15
  unde : N - tip fişier, 7 - număr fişier,: - delimitator de element, 15 - număr element
- Adresarea la nivel de cuvânt: T4:7 .ACC
  unde: T7:4 au aceeaşi semnificație ca în cazul I), - delimitator de cuvânt, ACC - cuvânt adresat.
- Adresarea la nivel de bit: B3:64/15
  unde : B3:64 au aceeaşi semnificații ca în cazul II), /-delimitaor de bit, 15-bitul adresat.

Structura internă a fişierelor de date implicite

a) Fişierele de imagine a intrărilor şi ieşirilor

Biţii din aceste fişiere corespund ieşirilor şi intrărilor fizice ale automatului.
Formatul general de adresare pentru aceste fişiere este:
O:s/b , respectiv **I:s/b**
Unde:

O - ieşire
I - intrare
s - număr slot pe care se găseşte modulul de I/O
/ - delimitator de bit
b - numărul intrării adresate

Ex:exmplu:

• **O:4/6** : ieşirea 6 de pt slotul 4
• **1:1/7** : intrarea 7 de pt slotul 1

b) Fişierele de tip Bit

Formatul general de adresare pentru acesle fişiere este:

Bf:e/b sau **Bf/b** unde

B - identifica tipul fişierului
f - numărul fişierului
e - cuvântul din cadrul fişierului
b - bitul adresat

Exemplu:

B3:1/5 - bitul 5 din cuvântul 1 al fişierului de bit B3
B3/18 - bitul 18 al fişierului B3

c) Fişiere de tip Timer

Aceste fişiere conţin elemente de **3 cuvinte**, având maxim 256 de elemente. Un element tipic are structura din tabelul 3. 2:

Tabel 3. 2 Element al fişierului de Timer

15	14	13	12 | 11 10 | 9 8 | 7-0	Cuvânt
EN	TT	DN	Uz intern	0
PRE				1
ACC				2

Semnificaţia elementelor va fi prezentată în cadrul instrucţiunilor de Timer. Formatul de adresare este : Tf:e.s sau Tf:e/b, unde:

T - identifică tipul fişierului (Timer)
f - numărul fişierului
e - elementul din cadrul fişierului
s - cuvântul din cadrul elementului
b - bitul adresat

Exemple:

- T4:0.ACC - cuvântul ACC din elementul 0 al fişierului de Timer 4
- T4:1/DN - bitul DN din elementul 1 al fişierului de Timer 4

d) Fişierele de tip Counter

Aceste fişiere conţin elemente de 3 cuvinte, având maxim 256 de elemente. Un element tipic are structura din tabelul 3. 3:

Tabel 3.3 Element al fisierului de Counter

15	14	13	12	11	10	9 | 8 |7-0	Cuvânt
CU	CD	DN	OV	UN	UA	/Uz intern	0
PRE							1
ACC							2

cu semnificaţia:

- CU = Count Up
- CD = Count Down
- DN = Done
- OV = Overflow
- UN = Underflow
- UA = Update Accumulated Value

Formatul general de adesare este: Cf:e.s sau Cf:e/b. semnificaţiile fiind cele de la fişierele de tip Timer.

Observaţie: Pentru fişierele care au o anumită notaţie pentru biţi sau cuvinte constituente, adresarea se poate face folosind notaţia respectiva. Astfel, de exemplu, C5:0.PRE <=> C5:0.1.

e) Fişierele de tip Control

Aceste fişiere conţin elemente de 3 cuvinte, având maxim 256 de elemente. Un element tipic are structura din tabelul 3. 4:

Tabel 3. 4 Element al fişierului de Control

15	14	13	12	11	10	9	8	7-0	Cuvânt	Semnificaţie
EN	EU	DN	EM	ER	UL	IN	FD	Uz intern	0	cuvânt de stare
Lungimea ariei de biţi sau a fişierului (LEN)									1	cuvânt ce indică lungimea datelor stocate
Pointer de bit sau poziţie (POS)									2	

cu semnificaţia:

- EN = Enable
- EU = Unload Enable
- DN = Done

• EM = Stack Empty
• ER = Error
• UL = Unload
• IN = Inhibit
• FD = Found

Formatul general de adresare este Rf:e.s sau Rf:e/b cu semnificațiile deja cunoscute *f) Fişierele de tip Integer*
Acest tip de fişier conține elemente de 1 cuvânt, maxim 255 de elemente.
Formatul de adresare este **Nf:e,** unde e = 255 reprezintă numărul elementului

Programarea automatului Allen Bradley prin metoda Ladder Diagram

Programarea automatului Allen-Bradley SLC 500 se face folosind metoda Ladder Diagram, explicată în capitolul anterior. Programul încărcat in memoria automatului conține instrucțiuni; o parte din aceste instrucțiuni reprezintă lucrul cu dispozitive de intrare/ieşire externe.

Pe măsură ce programul este scanat de automat (controller), modificările on/off ale stărilor intrărilor externe se aplică programului, dezactivând ieşiri externe, conform logicii Ladder programate. Pentru a prezenta bazele programării Ladder am ales instrucțiuni pe bit (cu logică tip releu). Cele trei instrucțiuni utilizate în continuare sunt:

Tabel 3.5 Instrucțiuni pe bit

SIMBOL Ladder	SEMNIFICAȚIE ŞI MNEMONICA
---] [---	XIC (Examine if Closed) -procesorului i se cere sa examineze dacă (contactul este) deschis (contactul normal închis)
---]/[---	XIO (Examine if Open) -procesorului i se cere să examineze daca (contactul este) închis (contactul normal deschis)
---( )---	OTE (Output Energize) -procesorul setează aceasta instrucțiune la valoarea adevărat atunci când există o secvență de instrucțiuni XIC si XIO adevărate în câmpul de intrări din ramura Ladder respectivă.

Constricția programelor folosind metoda Ladder-diagram

O diagramă Ladder este formată dinrr-un anumit număr de ramuri, fiecare conținând cel puțin o insiucțiune de ieşire şi una sau mai multe instrucțiuni de intrare. Fiecare instrucțiune are ataşată o valoare logică, TRUE sau FALSE.

Ramura Ladder prezentată în exemplul următor conține două instrucțiuni de intrare şi o instrucțiune de ieşire. O instrucțiune de ieşre este situată în dreapta ramurii, lângă bara verticală dublă dreapta. Instrucțiunile de intrare sunt întotdeauna situate la stânga instrucțiunilor de ieşire.

Ex: Instrucțiuni de intrare Instrucțiuni de ieşire



XIC = Examine if Closed - examinează bitul de la adresa B3/10
XIO = Examine if Opened - examinează bitul de la adresa B3/11
OTE = Output Eenergize - aetiveză bitul de la adresa B3/12

Fiecare instrucțiune din ramura precedentă are adresa fişierului unde sunt stocate stările ON(1) / OFF(0) ale biților. Adresele instrucțiunilor de mai sus indică fişierul Bit 3 (B3), biții 10, 11, 12.

Parcurgerea unei astfel de diagrame se face de sus in jos (ramură cu ramură) şi de la stânga la dreapta (în cadrul unei ramuri). Execuția instrucțiunilor se face prin testarea condițiilor logice ale ramurilor.

Starea logică a unei instrucțiuni poate fi adevărat (TRUE T) sau fals (FALSE F). Ansamblul stărilor logice ale instrucțiunilor de intrare determină continuitatea logică a ramurii. În funcție de stările logice ale datelor stocate în biții adresați, stările logice ale instrucțiunilor pot fi:

Tabel 3. 6 Stările logice ale instrucțiunilor din ramura

Stare logica bit	Stare logica a instructiunilor			
	XIC	XIO	OTE	
0 logic	Fals (F)		Adevărat (T)	Fals (F)
1 logic	Adevărat (T)		Fals (F)	Adevărat (T)

În exemplul precedent, pentru a executa instrucțiuitea de ieşire OTE (care va avea ca efect setarea bitului B3/12), trebuie să nu se întrerupă continuitatea logică pe ramură, adică trebuie ca starea XIC = TRUE ^ starea XTO = TRUE. Concret, conform tabelului precedent:

a) Dacă B3/10 = 1 şi B3/11 = 0, deci dacă este găsită o cale continuă de instrucțiuni de intrare adevărate, atunci instrucțiunea de ieşire devine sau rămâne adevărată.

În acest caz condițiile ramurii sunt adevărate.

b) Când NU este găsită această continuitate logică a instrucțiunilor de intrare, atunci instrucțiunea de ieşire OTE devine sau rămâne falsă.

În acest caz condițiile ramurii sunt false.

Modul de variație al stării bitului B3/12 în funcție de stările biților B3/10 si B3/11 este:

Tabel 3. 6 Variația valorii bitului B3/12

B3/10	B3/11	B3/12
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	0

O posibilă variație în timp a stărilor logice ale instrucțiunilor XIC, XIO şi OTE este:

Tabel 3. 7 Variație marilor Ionice ale Instrucțiunilor

Timp	Instr. de intrare		Instr. de ieşire
tl(initial)	F	T	F
t2	T	T	devine T
t3	T	F	devine F
t4	F	F	rămâne F

Având în vedere cele prezentate se poate trage concluzia că o ramură din diagrama Ladder este echivalentă cu o instrucțiune de tipul:

If condiție **then** ieşire.

Câmpul condiție din model poate însemna:

1) testarea unei intrări sau

2) testarea unei anumite combinații logice între variabilele de intrare.

În exemplul precedent s-a prezentat un bloc AND (şi logic), între valoarea bitului B3/10 şi valoarea negată a bitului B3/11. În cazul general un bloc AND reprezintă un bloc de tipul



Dacă A şi B sunt adevărate atunci C devine sau rămâne adevărată.
SAU (OR) logic poate fi format, de exemplu, prin ramificarea instrucțiunilo

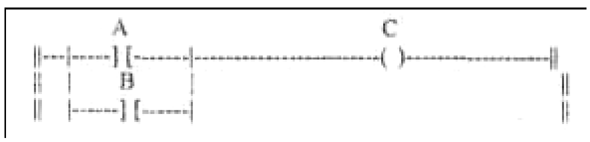
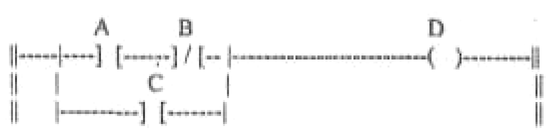


Tabela de adevăr pentru acest tip de bloc este prezentată în tabelul 3. 8:

Tabel 3. 8 OR logic inlre 2 instrucțiunide intrare

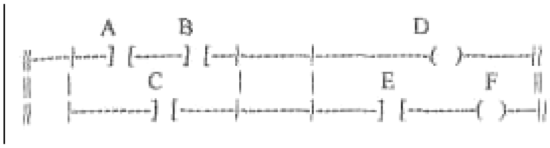
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Pentru a mări flexibilitatea realizării programelor, există posibilitatea de a introduce expresii logice complexe pe o ramură, mărind astfel complexitatea blocului logic generat:



D = (A AND B) OR C
În mod asemănător poate avea loc şi o ramificare a instrucțiunilor de ieşire. De asemenea se poate impune şi o condiție suplimentară pentru emisia unei anumite ieşiri.

Ex:



F = ((A AND B)) OR C) AND E
D = (A AND B) OR C
În exemplul precedent, dacă (A AND B) AND E sau C AND E sunt adevărate , atunci F este adevărată.

Tipuri de instrucțiuni

Pentru procesoarele folosite de către automatul SLC500, instrucțiunile folosite în diagramele Ladder se împart în:

a) instrucțiuni pe bit
b) instrucțiuni de timer/counter
c) instrucțiuni de I/O şi întreruperi
d) instrucțiuni de comparare
e) instrucțiuni matematice
f) instrucțiuni logice şi de mutare
g) instrucțiuni pentru lucrul cu fişiere
h) instrucțiuni de shiftare
i) instrucțiuni de secvențiere
j) instrucțiuni de control
k) blocuri funcționale

În continuare sunt prezentate cele mai utilizate tipuri de instrucțiuni într-o diagramă Ladder

- o Instrucțiuni pe bit
  - • XIC --] [-- (Examine If Dosed). Instrucțiune de intrare. Este TRUE când bitul testat este 1 (on)
  - • XIO --] / [-- (Examine if Open). Instrucțiune de intrare. Este TRUE când bitul testat este 0 (off)
  - • OTE --( )-- (Output Energize). Instrucțiune de ieşire. Este TRUE (setează bitul de ieşire) când toate condițiile precedente din ramură sunt TRUE. Resetează bitul altfel.

• OTL --(L)-- (Output Latch). Instrucțiune de ieşire. Bitul adresat devine TRUE (1) când condițiile precedente de pe ramură sunt TRUE. Când condițiile devin FALSE, OTL rămâne TRUE până când o ramură ce conține o instrucțiune OTU cu aceeaşi adresă devine TRUE.

• OTU --(U)-- (Output Unlatch). Instrucțiune de ieşire. Bitul adresat devine FALSE (0) când condițiile precedente de pe ramură sunt TRUE. Rămâne FALSE până când o altă ramură ce conține o insiructiune OTU cu aceeaşi adresă devine TRUE.

• OSR --[OSR]-- (One-Shot Rising). Instrucțiune de intrare. Trece ramura în TRUE pentru o scanare, la fiecare tranziție din FALSE-TRUE a condițiilor precedente din ramură.

Toate instrucțiunile pe bit necesită ca parametru adresa unui bit dintr-un fişier de date. OSR este o instrucțiune de intrare utilă activării unei instrucțiuni de ieşire o singură data şi anume la prima scanare a programului de către automat. Este des folosită pentru activarea unei etape inițiale dintr-o diagramă Grafcet (vezi problemele rezolvate). Necesită ca parametru adresa unui bit care va fi folosit intern de către instrucțiune.

Exemplu :

```
 I:1.0     B3                      O:3.0
---]  [-----[OSR]------------------(   )---
      0         0                    0
```

Când instrucțiunea de intrare trece din FALSE (o scanare) în TRUE (următoarea scanare), instrucțiunea OSR condiționează ramura astfel încât ieşirea trece în TRUE pentru o scanare a programului, apoi ieşirea devine sau rămâne FALSE pentru următoarele scanări, până când intrarea face o noua tranziție din FALSE în TRUE.

Programe SCADA de control şi achiziție date

SCADA este denumirea prescurtată a programelor software pentru ***S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**cquisition*. Ele se instalează pe un calculator personal sau industrial şi asigură conducerea centralizată a unor procese industriale. Un sistem SCADA poate urmări atât un post de lucru simplu cu un singur AP, cât şi un sistem complex cum ar fi, de exemplu, rețeaua de transport gaze naturale pe teritoriul unei țări. Un sistem SCADA are următoarele funcții:

- Permite transmiterea de comenzi către instalația supravegheată, în mod centralizat.
- Permite recepționarea de informații despre starea unuia sau mai multor procese, în mod centralizat.
- Realizează o imagine grafică şi animată a procesului pe un monitor de calculator sau un ecran.
- Permite achiziționarea (înregistrarea) de date în timp real şi memorarea acestor date în memoria calculatorului
- Poate comunica cu alte calculatoare de pe acelaşi nivel şi transmite date brute sau prelucrate
- Asigură protecția a datelor şi a echipamentului supraveghet printr-un sistem de securitate cu parole pentru diferite nivele de acces.

Există multe firme care dezvoltă şi vând programe SCADA. În unele companii se dezvoltă programe SCADA particularizate. Oricum, printre cele mai cunoscute pachete de programe de firmă de tip SCADA se enumeră: InTouch – de la firma Wonderware şi WinCC – de la firma Siemens.

Un program tip SCADA care funcționează pe o platfrmă Windows' face apel la mai multe tehnici de comunicație, interne calculatorului şi externe(cu echipamente din proces). Comunicațiile interne se bazează pe tehnologie DDE (Dynamic Data Excenge) care este cea mai rapidă metodă de comunicații între aplicațiile deschise simultan pe un calculator ce rulează cu sistemul de operare Windows.

Tehnica de lucru a unui pachet SCADA este de împărțire a sarcinilor în programe diferite şi separate ce rulează în paralel şi comunică între ele prin mesaje DDE. Astfel, se disting programe cu următoarele funcții:

- *De comunicații externe*: citesc în permanență la un port de comunicare extern (serial, profibus, ethernet etc). Achiziționează şi transmit date de la, respectiv pentru, echipamente periferice.

- *De interfață cu utilizatorul*: au grijă de animația ecranului şi de desenarea în fereastra utilizatorului. Preiau comenzile pe care utilizatorul le introduce cu mouse-ul sau cu tastatura.
- *De gestionare a datelor*: se ocupă cu prelucrarea şi arhivarea datelor achiziționate, comunicații şi schimb de date cu alte baze de date prin tehnologie SQL sau ODBC.

Un program SCADA poate comunica prin mesaje DDE cu aplicații precum Excel şi Access şi poate transmite date în timp real către departamentele de contabilitate, gestiune sau vanzări. Astfel se realizează o legătură între rețeaua de proces (producție) şi rețeaua de la nivelul conducerii şi administrării firmei.